

**(19) JAPAN PATENT OFFICE**  
**(12) Publication of Unexamined Patent Application (A)**

(11) Unexamined Patent Application No.: Hei 7-166851 (Kokai)  
(43) Unexamined Patent Application Date: June 27, 1995  
Request for Examination: Not yet submitted  
Number of Claims: 8  
Total Pages: 15

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	Identification Code	JPO File Nos.	FI	Technology Display Area
F01N 3/24	ZAB	E		
		R		
3/08	ZAB	A		
3/18	ZAB	B		
3/28	ZAB			

Continued on last page

(54) Title of Invention: Exhaust Gas Purification System for Internal Combustion Engines

(21) Patent Application No.: Hei 6-11127

(22) Patent Application Date: February 2, 1994

(71) Applicant: 000003207  
Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Kenji Kato  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Kenji Tetsuro  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Takamitsu Asanuma  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(74) Agent: Kei Ishida (and Three Others)

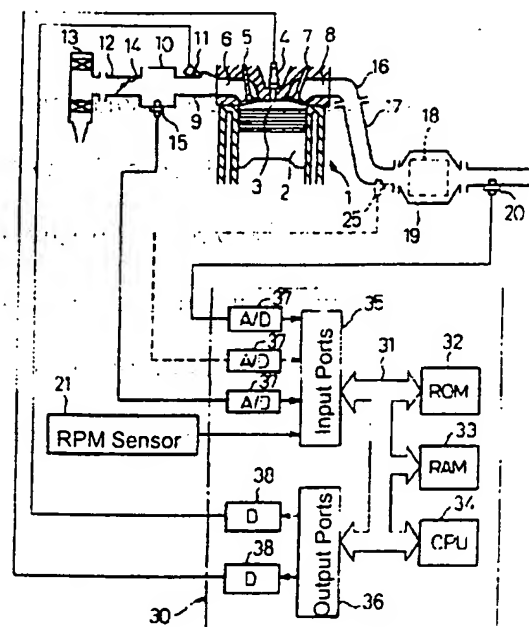


**(54) [Title of the Invention] Exhaust Gas Purification System for Internal Combustion Engines**

**(57) [Abstract]**

[Purpose] In order to prevent worsening of exhaust gas characteristics due to degradation of the NO<sub>x</sub> absorption capacity of the absorber, this invention provides an efficient exhaust gas purification system based on effective use of the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber. This can be achieved using an appropriate regeneration process for the NO<sub>x</sub> absorber depending on the changes in its absorption capacity.

[Constitution] The regeneration of a NO<sub>x</sub> absorber, 18, in an exhaust gas channel, 17, of an internal combustion engine, 1, takes place when it is determined that the NO<sub>x</sub> absorption capacity of the absorber has deteriorated, based on the concentration of NO<sub>x</sub> detected by a NO<sub>x</sub> sensor, 20, located downstream of NO<sub>x</sub> absorber 18.



- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1... Internal Combustion Engine | 20 and 25... NO <sub>x</sub> Sensors |
| 17... Exhaust Gas Channel       | 30... Control Circuit                |
| 18... NO <sub>x</sub> Absorber  |                                      |

[Claims]

[Claim 1] A unique exhaust gas purification system for internal combustion engines comprised of a NOx absorber located in the exhaust channel of an internal combustion engine which absorbs NOx when the air-fuel ratio of the exhaust gas is lean and emits the absorbed NOx when the oxygen concentration of the incoming exhaust gas is low; a NOx sensor located downstream of the NOx absorber in the exhaust gas channel that detects the concentration of NOx in the exhaust gas; a means to determine whether or not the NOx absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated based on the NOx concentration in the exhaust gas as detected by the NOx sensor located downstream of the NOx absorber; and a regeneration means to emit the absorbed NOx from the NOx absorber by making the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the NOx absorber rich or at the stoichiometric air-fuel ratio when the absorption capacity is determined to have deteriorated.

[Claim 2] The unique exhaust gas purification system mentioned in Claim 1 in which the means to detect whether the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated or not functions as follows. It determines that the NOx absorption capacity has deteriorated when the concentration of NOx as detected by the NOx sensor downstream of the NOx absorber is higher than a specified value and when the rate of increase in the NOx concentration changes to a negative value.

[Claim 3] A unique exhaust gas purification system for internal combustion engines comprised of a NOx absorber which absorbs NOx when the air-fuel ratio of the exhaust gas is lean and emits the absorbed NOx when the oxygen concentration of the incoming exhaust gas is low; a NOx detection means located upstream of the NOx absorber to detect the concentration of NOx in the exhaust gas on the upstream side of the NOx absorber; a NOx sensor located downstream of the NOx absorber to detect the concentration of NOx in the exhaust gas on the downstream side of the NOx absorber; a means to determine whether or not the absorbing capacity of the NOx absorber has deteriorated based on the NOx concentration in the exhaust gas on the upstream side of the NOx absorber detected by the NOx detection means upstream of the NOx absorber, and on the NOx concentration in the exhaust gas on the downstream side of the NOx absorber detected by the NOx sensor located downstream of the NOx absorber; and a regeneration means to emit the absorbed NOx from the NOx

absorber by making the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the NOx absorber rich or at the stoichiometric air-fuel ratio when the absorption capacity is determined to have deteriorated.

[Claim 4] The unique exhaust gas purification system mentioned in Claim 3 equipped with a NOx absorption capacity deterioration determination means, in which the NOx absorption capacity is determined to have deteriorated when the difference between the NOx concentrations on the upstream and downstream sides of the NOx absorber becomes lower than a specified value.

[Claim 5] The unique exhaust gas purification system mentioned in Claim 3 equipped with a NOx absorption capacity deterioration determination means, in which the NOx absorber capacity is determined to have deteriorated when the ratio between the NOx concentrations upstream and downstream of the NOx absorber becomes higher than a specified value.

[Claim 6] The unique exhaust gas purification system mentioned in any of Claims 3 through 5 above equipped with a NOx sensor located upstream of the NOx absorber to detect the concentration of NOx in the exhaust gas channel on the upstream side of the NOx absorber.

[Claim 7] The unique exhaust gas purification system mentioned in any of Claims 3 through 5 above equipped with a NOx concentration detection means on the upstream side of the NOx absorber, a means to detect the running conditions of the engine, and a means to determine the NOx concentration based on the running condition thus detected using the predetermined relationship between them.

[Claim 8] A unique exhaust gas purification system for internal combustion engines comprised of a NOx absorber located in the exhaust channel of the internal combustion engine which absorbs NOx in the exhaust gas when the air-fuel ratio of the exhaust gas is lean and emits the absorbed NOx when the oxygen concentration of the incoming exhaust gas is low; a NOx sensor located downstream of the NOx absorber in the exhaust gas channel to detect the concentration of NOx in the exhaust gas; a regeneration means to emit the absorbed NOx from the NOx absorber to regenerate the absorber by making the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the absorber rich or at the stoichiometric value at a specified time interval; and a means to correct the regeneration time interval based on the NOx concentration detected by said NOx sensor.

[Detailed Explanation of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Application] This invention concerns an exhaust gas purification system, and, in particular, a system for providing effective removal of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas from internal combustion engines such as diesel engines and gasoline engines involving lean air-fuel ratio combustion.

[0002]

[Prior Art] One example of this type of exhaust gas purification system is the invention disclosed in Unexamined Patent Sho 62-106826. The system disclosed in this Unexamined Patent concerns the exhaust gas purification system of a diesel engine connected to a NO<sub>x</sub> absorber. In this system, the exhaust gas entering the absorber is shut off after the absorber has absorbed NO<sub>x</sub> in the exhaust gas for a certain period of time. The absorbed NO<sub>x</sub> is then emitted from the absorber by supplying a reducing agent to the absorber, and the NO<sub>x</sub> thus emitted is then purified by a reduction purification process. In other words, the system proposed by the Unexamined Patent method mentioned above repeats a cycle consisting of absorption, emission, and reduction purification processes alternately in a specified time period.

[0003] The NO<sub>x</sub> absorbing capacity deteriorates when the amount of NO<sub>x</sub> absorbed increases and approaches the saturation point, at which maximum possible absorption is achieved. When the saturation point is reached, it is no longer possible to absorb further NO<sub>x</sub> from the entering exhaust gas. In the Unexamined Patent Sho 62-106826 system mentioned above, regeneration of the NO<sub>x</sub> absorber is initiated after the absorber has absorbed NO<sub>x</sub> for a specified period of time and when it is determined that the absorbing capacity of the NO<sub>x</sub> absorber has deteriorated and the amount of absorbed NO<sub>x</sub> has reached the maximum. (In this detailed explanation of the invention, the aforementioned process of emission of the absorbed NO<sub>x</sub> from the absorber and the subsequent reduction purification process is called the "regeneration steps of the NO<sub>x</sub> absorber.")

[0004]

[Problems the Invention is to Solve] The amount of NO<sub>x</sub> absorbed by the absorber is not always constant, and it varies greatly depending on the running condition of the engine, e.g. engine load, engine rpm (flow rate of exhaust gas), concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas, and exhaust gas

temperature. When the time cycle of regeneration is fixed as in the case of the Unexamined Patent mentioned above, there are cases, depending on the operating condition of the engine, when the absorber reaches its maximum absorption capacity before the regeneration (process). When this happens, there is the problem that the NOx in the exhaust gas is discharged to the downstream side of the absorber without being absorbed.

[0005] In addition, the saturation amount of the NOx absorber changes (degrades) depending on the degradation of the NOx absorber used (e.g. due to sulfur coating as described later). Even when the degree of degradation is the same, the absorption capacity of the NOx absorber varies depending on the temperature of the NOx absorber (exhaust gas temperature). Even when the amount of NOx absorbed by the NOx absorber is the same, the NOx absorption capacity varies depending on the degree of degradation of the absorber and the temperature of the exhaust gas. When the time interval allotted for regeneration is fixed, as in the case of Unexamined Patent Sho 62-106826 mentioned above, there is a problem in that the system cannot perform the necessary regeneration corresponding to the degradation of the NOx absorbent.

[0006] In order to address this problem, the time interval between the absorption and regeneration cycles of the NOx absorber can be varied depending on engine running condition and degree of catalyst degradation (the usage time). For example, the time interval between regeneration cycles may be shortened under an engine running condition in which the amount of absorbed NOx in the NOx absorber increases, or the time interval between regeneration cycles may be shortened depending on the cumulative usage time (degree of degradation) of the NOx absorber.

[0007] Even when these measures are taken, a problem still exists in that an appropriate regeneration operation based on the absorption capacity of the NOx absorber cannot be achieved since it is not possible to directly detect the NOx absorbing capacity of the NOx absorber. For example, in the system used in Unexamined Patent Sho 62-106826, entry of exhaust gas to the NOx absorber is shut down at the time of regeneration in order to supply a reducing agent. This procedure still has the problem of insufficient regeneration of the NOx absorber when the operation of shutting out exhaust gas from the absorber is incomplete due to entrapment of foreign objects preventing operation of the shut-off valve. When this occurs, the regenerated NOx absorber absorbs the NOx in

the exhaust gas (that which was leaked through the shut-off valve) before it starts the next NO<sub>x</sub> absorption process. When the next NO<sub>x</sub> absorption process starts, there is some residual NO<sub>x</sub> in the absorber. In this case, the NO<sub>x</sub> absorption capacity of the absorber has already deteriorated when the absorption cycle starts. Under this condition, it is impossible to achieve sufficient exhaust gas purification simply by varying the regeneration time or the regeneration interval depending on engine running condition and degradation of the absorber.

[0008] Considering the problems mentioned above, this invention intends to offer an exhaust gas purification system for internal combustion engines that permits an increase in exhaust gas purification capability by providing a regeneration process that can accurately respond to the NO<sub>x</sub> absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber.

[0009]

[Means of Solving the Problems] According to the exhaust gas purification system for internal combustion engines mentioned in Claim 1, this invention is comprised of a NO<sub>x</sub> absorber located in the exhaust gas channel of the internal combustion engine which absorbs NO<sub>x</sub> when the air-fuel ratio of the incoming exhaust gas is lean and emits the absorbed NO<sub>x</sub> when the oxygen concentration of the incoming exhaust gas is low; a NO<sub>x</sub> sensor located downstream of the NO<sub>x</sub> absorber in the exhaust gas channel to detect the concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas; a means to determine whether or not the NO<sub>x</sub> absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber has deteriorated based on the NO<sub>x</sub> concentration downstream of the NO<sub>x</sub> absorber that is detected by the NO<sub>x</sub> sensor; and a NO<sub>x</sub> regeneration means to emit the absorbed NO<sub>x</sub> from the NO<sub>x</sub> absorber by making the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the NO<sub>x</sub> absorber rich or at the stoichiometric air-fuel ratio when the NO<sub>x</sub> absorption capacity is determined to have deteriorated according to the determination means mentioned above.

[0010] In addition, according to Claim 2, this invention provides an exhaust gas purification system for internal combustion engines equipped with the determination means mentioned in Claim 1 that tests whether or not the NO<sub>x</sub> absorbing capacity has deteriorated when the NO<sub>x</sub> concentration downstream of the NO<sub>x</sub> absorber detected by the NO<sub>x</sub> sensor is higher than a specified value, and when the rate of increase in the NO<sub>x</sub> concentration changes to a negative value.



[0011] In addition, according to Claim 3 of this invention mentioned above, the exhaust gas purification system for internal combustion engines devised is comprised of a NOx absorber located in the exhaust gas channel of the internal combustion engine that absorbs NOx in the entering exhaust gas when the air-fuel ratio is lean and emits the absorbed NOx when the oxygen concentration in the entering exhaust gas is low; a NOx concentration detection means located upstream of the NOx absorber; a NOx concentration detection means located downstream of the NOx absorber to detect the concentration of NOx in the exhaust gas; a determination means to test whether or not the NOx absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated based on the NOx concentration upstream of the NOx absorber as detected by the upstream NOx sensor and on the NOx concentration in the exhaust gas downstream of the NOx absorber as detected by the downstream NOx sensor; and a regeneration means to emit the absorbed NOx from the NOx absorber by making the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the NOx absorber rich or at the stoichiometric air-fuel ratio when the aforementioned determination means has determined that the NOx absorption capacity has decreased.

[0012] According to Claim 4, this invention offers an exhaust gas purification system for internal combustion engines which has the determination means mentioned in Claim 3 that determines that the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated when the difference between the NOx concentrations upstream and downstream of the NOx absorber becomes lower than a specified value. Moreover, in Claim 5 of this invention, the determination means determines that the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated when the ratio of NOx concentrations upstream and downstream of the NOx absorber becomes larger than a specified value.

[0013] According to this invention as described in Claim 6, this invention provides an exhaust gas purification system for internal combustion engines in reference to one of Claims 3 through 5: The exhaust gas purification system is equipped with a NOx concentration detection means located upstream of the NOx purification system, which is a NOx sensor arranged in the exhaust gas channel upstream of the NOx absorber. Moreover, according to Claim 7 of this invention, in the invention described in one of Claims 3 through 5, the upstream NOx detection means is comprised of a means to determine the engine running condition, and a means to calculate the upstream NOx concentration

mentioned above using the detected engine running condition from a predetermined relationship between engine running condition and NOx concentration.

[0014] According to the invention described in Claim 8, the exhaust gas purification system of this invention is comprised of a NOx absorber that absorbs NOx in the exhaust gas when the air-fuel ratio is lean and emits the absorbed NOx from the absorber when the oxygen concentration in the exhaust gas is low; a NOx sensor located in the exhaust gas channel downstream of the NOx absorber that detects the concentration of NOx in the exhaust gas; a regeneration means which makes the air-fuel ratio of the exhaust gas rich or at the stoichiometric air-fuel ratio at specified time intervals to emit the absorbed NOx from the NOx absorber; and a correction means that corrects the execution time intervals for NOx regeneration cycles of the absorber based on the NOx concentration detected by the NOx sensor.

[0015]

[Operation of the Invention] The operation of this invention is given below using Fig. 1. Fig. 1(A) depicts a sample relationship between the NOx absorption time of the NOx absorber and the NOx concentration in the exhaust gas on the downstream side of the NOx absorber. In Fig 1(A), the vertical axis represents the NOx concentration, while the horizontal axis represents the NOx absorption time of the NOx absorber. In Fig. 1(A), IN is the upstream NOx concentration in the exhaust gas entering the absorber, while OUT is the downstream NOx concentration in the exhaust gas downstream of the absorber. As indicated in Fig. 1(A), when the NOx absorber begins NOx absorption, almost all of the NOx in the entering exhaust gas is absorbed by the absorbent when the absorbed amount of NOx is small. This results in an extremely low NOx concentration in the exhaust gas downstream of the absorber (OUT) as compared to the upstream NOx concentration (IN). This low level is maintained as long as the amount of absorbed NOx is small. When the absorption time of the absorber increases, the absorption capacity of the absorbent declines due to the increase in the amount of absorbed NOx, resulting in an increase in the downstream concentration of NOx. When the NOx absorbed by the absorbent reaches the saturation point, NOx in the exhaust gas entering the absorber is no longer absorbed, resulting in a condition where the NOx concentration in the downstream exhaust gas (OUT) becomes almost equal to that in the upstream (IN). In order to

prevent this from taking place, in the Unexamined Patent Sho 62-106826 system mentioned above, the NO<sub>x</sub> absorption time of the NO<sub>x</sub> absorber (the regeneration execution interval) is set at a specified length, as expressed by T<sub>1</sub> in the figure, in order to begin regeneration before the NO<sub>x</sub> concentration in the exhaust gas begins to increase.

[0016] Fig. 1(B) is similar to Fig. 1(A) except that it shows a case in which the saturation amount of NO<sub>x</sub> has declined for some reason. Since the saturation amount of NO<sub>x</sub> has decreased in Fig. 1(B), the NO<sub>x</sub> absorption capacity declines even when the amount of absorbed NO<sub>x</sub> is small. Compared with the case represented by Fig. 1(A), the NO<sub>x</sub> concentration on the downstream side of the absorber (OUT) increases in a shorter time after the absorption cycle starts. If the regeneration cycle interval is fixed at the same T<sub>1</sub> as in the case of Fig. 1(A), the NO<sub>x</sub> concentration on the downstream side of the NO<sub>x</sub> absorber rapidly increases before regeneration starts, resulting in deteriorated exhaust gas characteristics.

[0017] In the invention mentioned in Claim 1 of this invention, the NO<sub>x</sub> concentration downstream of the NO<sub>x</sub> absorber is detected by the NO<sub>x</sub> sensor installed downstream of the NO<sub>x</sub> absorber. The determination as to whether or not the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber has deteriorated is made by the downstream NO<sub>x</sub> concentration thus detected. The regeneration means is activated, when the determination means mentioned above has determined that the NO<sub>x</sub> absorption capacity has diminished, by controlling the air-fuel ratio of the exhaust gas entering the NO<sub>x</sub> absorber on the rich side or at the stoichiometric air-fuel ratio. With this method, the regeneration of NO<sub>x</sub> starts before the absorbed amount of NO<sub>x</sub> in the absorber reaches the saturation point regardless of the changes in the saturation amount of the NO<sub>x</sub> absorber. Since the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber is restored, there is no possibility of deteriorating exhaust gas quality due to the change in the condition of the NO<sub>x</sub> absorber.

[0018] In addition, the determination as to whether or not the NO<sub>x</sub> absorption capacity has declined is made, for instance, by the method described in Claim 2. In other words, as shown in Figs. 1(A) and (B), the downstream concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas increases gradually as soon as the absorption cycle starts, and its speed of increase accelerates, followed by a gradual decline in the absorption speed as it approaches the upstream NO<sub>x</sub> concentration. (IN in Figs. 1(A) and (B)).

The increasing rate of NOx concentration in the exhaust gas downstream of the NOx absorber (the slope of the curve indicated by OUT in Figs. 1(A) and (B)) gradually increases after the absorption cycle starts, and begins to decrease after a certain time. In other words, there is an inflection point in the acceleration in the increase of the downstream side NOx concentration at which the increasing rate is changed from positive to negative (point A in Fig. 1(A) and point A' in Fig. 1(B)). Moreover, this inflection point always appears before the absorbed amount of NOx reaches saturation, regardless of the change in the amount of NOx absorbed by the absorber (Figs. 1(A) and (B)). In the invention described in Claim 2, the determination as to whether or not the absorption capacity of the NOx absorber has declined is made when the downstream NOx concentration reaches the inflection point mentioned above. Since regeneration of the NOx absorber starts by the detection of this inflection point regardless of the amount of NOx absorbed by the absorber, it is possible to restore the absorption capacity of the NOx absorber before the amount of the absorbed NOx reaches the saturation point.

[0019] On the other hand, the NOx concentration downstream of the NOx absorber, even when the absorption capacity of the absorber is constant, varies depending on the change in NOx concentration in the exhaust gas entering the NOx absorber (the NOx concentration in the exhaust gas upstream of the NOx absorber). This is the reason determination of absorber deterioration made only by the downstream NOx concentration may lead to a situation in which degradation of the NOx absorption capacity of the absorber resulting from a large-scale change in NOx concentration upstream of the absorber cannot be detected accurately.

[0020] In Claim 3 of this invention, the concentration of NOx in the exhaust gas entering the NOx absorber is detected by the upstream side NOx detecting means, and determination of the absorbing capacity of NOx by the NOx absorber is made based both on the upstream as well as the downstream concentrations of NOx. This results in a more accurate determination as to whether the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated or not. In other words, this invention permits representation of how much NOx can be absorbed from the NOx in the entering exhaust gas in determining the absorption capacity of the NOx absorber. Hence, more accurate determination of the

absorption capacity of the NOx absorber can be made by using the upstream and downstream NOx concentrations.

[0021] For example, the difference between the upstream and downstream concentrations represents the amount of NOx absorbed by the absorber, and it decreases with deterioration of the NOx absorption capacity of the absorber. This is why, in Claim 4 of this invention, the absorption capacity of the NOx absorber is determined to have deteriorated when the difference between the upstream and downstream NOx concentrations of the NOx absorber becomes lower than a specified value.

[0022] The ratio between the downstream and upstream NOx concentrations also represents the fraction of NOx entering the absorber which passes through the absorber without being absorbed. With the deterioration of NOx absorption capacity, this ratio will increase. This is why, in Claim 5 of this invention, the absorption capacity of the NOx absorber is determined to have deteriorated when the ratio between the upstream and downstream NOx concentrations of the NOx absorber becomes higher than a specified value.

[0023] In Claim 6 of this invention, a NOx sensor is installed in the upstream channel of the NOx absorber as the means to detect the upstream concentration of NOx in order to make direct measurement of the upstream NOx concentration. Since the NOx concentration on the upstream side of the NOx absorber is the concentration of NOx released from the engine, it varies depending on engine running conditions such as engine rpm and engine load. This is why, in Claim 7 of this invention, the NOx concentrations in the exhaust gas under various operating conditions have been previously determined by actual measurements or other means. With this design, the upstream NOx concentration detection means determines the upstream NOx concentration indirectly based on the running condition of the engine.

[0024] Although in several claims of this invention mentioned above, NOx regeneration starts when it is determined that the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated, there are many cases in which the decrease in saturation amount of the NOx absorber resulting from its degradation advances slowly with use. This is why, in Claim 8 of this invention, the regeneration cycle for the NOx absorber starts at specified time intervals, and these intervals are corrected by a

correction means based on the downstream NOx concentration. With this method, the time interval for regeneration of the NOx absorber can be adjusted to reflect the decrease in the saturation amount of the NOx absorber. Deterioration of exhaust gas characteristics resulting from saturation of the NOx absorber can be prevented by this method in the same way as in the other methods given above.

[0025]

[Working Examples] Working examples of this invention are given below using attached drawings. Figs. 2 and 3 are overall diagrams of internal combustion engines indicating the exhaust gas purification systems that represent the working examples of this invention. While Fig. 2 represents a case in which the exhaust gas is purified by installing a NOx absorber in the engine exhaust gas channel, Fig. 3 represents a case in which this invention is applied to a system for two NOx absorbers installed in parallel in the exhaust gas channel so that they can be regenerated alternately. In Figs. 2 and 3, all elements having the same functions are represented by the same symbols.

[0026] Given below are explanations of these working examples. In Fig. 2, 1 represents an internal combustion engine capable of performing lean air-fuel ratio combustion, such as a gasoline engine, 3 is a combustion chamber, 6 is an intake port, and 8 is an exhaust port of engine 1. Intake ports 6 for all cylinders are connected to a surge tank, 10, through intake pipes 9, while fuel injection valves, 11, which inject the fuel into intake ports 6, are located in intake pipes 9.

[0027] Surge tank 10 is connected to an air cleaner, 13, through an intake channel, 12. Located in intake channel 12 is a throttle valve, 14, which opens based on the operation of the accelerator pedal (not shown) by the driver. Installed in surge tank 10 is an intake pressure sensor, 15, that generates an output voltage proportional to the absolute pressure in surge tank 10.

[0028] On the other hand, connected to an exhaust channel, 17, through an exhaust manifold, 16, is exhaust port 8 of engine 1, while a casing, 19, containing a NOx absorber, 18, the details of which are explained later, is connected to exhaust channel 17. The item shown by 20 in Fig. 2 is a NOx sensor that detects the concentration of NOx in the exhaust gas, which is installed in the exhaust channel downstream of NOx absorber 18.

[0029] Although there are several different types of NO<sub>x</sub> sensors that detect NO<sub>x</sub> concentration in exhaust gas, this invention deals with a NO<sub>x</sub> sensor capable of generating electric signals corresponding to the concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas in real time. A typical example of this type of sensor is one that is based on an N-type oxide semiconductor ceramic consisting mainly of titanium oxide. This semiconductor sensor is an electron capture type device that detects the concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas by the change in its resistance when NO<sub>x</sub> (NO or NO<sub>2</sub>) in the exhaust gas is adsorbed on the sensor surface. This is a type of sensor in which the change in electrical resistance represents the NO<sub>x</sub> concentration in the exhaust gas. The electronic control circuit, 30 (Fig. 2), which is the electronic control unit for engine 1, consists of a well-known digital computer connecting a ROM (read only memory), 32, a RAM (random access memory), 33, a CPU (microprocessor), 34, input ports, 35, and output ports, 36, all of which are connected by a bi-directional bus, 31. This electronic control unit not only handles the basic controls of the internal combustion engine such as fuel injection and ignition timing, but in this invention it also plays a role in the determination of absorption capacity degradation of NO<sub>x</sub> absorber 18, the regeneration means to regenerate the NO<sub>x</sub> absorber, and a correction means to correct the execution time interval of the regeneration cycle of the NO<sub>x</sub> absorber.

[0030] In order to meet the objectives mentioned above, the input ports 35 in control circuit 30 receive, through A/D converter, 37, electric voltage signals from intake pressure sensor 15 corresponding to intake pressure, and electric voltage signals from NO<sub>x</sub> sensor 20 corresponding to the NO<sub>x</sub> concentration downstream of NO<sub>x</sub> absorber 18. In addition, the pulse signals from an engine rpm sensor, 21, located in the engine distributor (not shown), representing the engine rotational speed is also input to control circuit 30.

[0031] Moreover, output ports 36 in control circuit 30 are connected to fuel injection valves 11 and ignition plugs 4 through corresponding drive circuits 38 in order to control fuel injection from the fuel injection valve and the ignition timing. Next, using Fig. 3, the configuration of the working example is explained. In Fig. 3, 1 represents an internal combustion engine such as a diesel engine that is designed to run in a lean air-fuel ratio condition. Contrary to the example shown in Fig. 2, in this example, there are two divided channels, 17a and 17b, installed in exhaust gas channel 17 of

internal combustion engine 1. Installed in channels 17a and 17b separately are NO<sub>x</sub> absorbers, 18a and 18b, similar to that used in the working example shown in Fig. 2, which are contained in casings, 19a and 19b, respectively.

[0032] Installed at the branching section of branch channels 17a and 17b along exhaust gas channel 17 is an exhaust gas changeover valve, 22, which separates the exhaust gas to either one of exhaust gas channels 17a or 17b by closing one of them for a specified time to a set opening. For example, when exhaust gas changeover valve 22 is switched to the position as indicated by the broken line in Fig. 3, most exhaust gas enters branch channel 17b reducing the amount of exhaust gas flowing into branch channel 17a. Depicted by 22a in this figure is an appropriate type of actuator such as a negative pressure actuator that drives changeover valve 22 to a specified changeover position by using the control signal from engine control circuit 30 which is described later.

[0033] Also connected to the upstream side of NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b in branch channels 17a and 17b, respectively, are reducing agent supply nozzles, 42a and 42b, respectively. These reducing agent supply nozzles 42a and 42b supply the reducing agent to NO<sub>x</sub> absorber 18a or 18b in the channel, for which the exhaust gas flow has been reduced in response to the signal from control circuit 30, to regenerate the NO<sub>x</sub> absorber.

[0034] In this working example, branch channels 17a and 17b merge together downstream of NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b. Installed downstream of the point where the two branch channels merge is a NO<sub>x</sub> sensor, 20, to detect the concentration of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas in the same manner as in Fig. 2. Depicted by symbol 30 in this figure is a control circuit having the same configuration as that shown in Fig. 2. In addition to the basic controls for an internal combustion engine such as fuel injection, control circuit 30 in this working example is also responsible for determination of the degradation of NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b, control of the changeover positions for changeover valve 22, control of reducing agent supply to NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b from a reducing agent supply system, 41, and control of a correction means to control the changeover period of exhaust gas changeover valve 22 in response to the output of NO<sub>x</sub> sensor 20.

[0035] In order to achieve this control, input to the input ports of control circuit 30 are the engine control signals for engine rpm and accelerator openings from an rpm sensor, 21, and an accelerator



opening sensor, 55, respectively. In addition to these, the NOx concentration signal from NOx sensor 20 is also input to the control circuit. In this working example, the output ports of control circuit 30 are connected to the fuel supply system, including fuel injection valves and fuel injection pumps, not shown, through the drive circuits to control the amount of fuel injected to the cylinders. In addition, the output ports are connected to an actuator, 22a, of exhaust gas changeover valve 22, control valves 44a and 44b of reducing agent supply system 41 through a drive circuit, 38, and a negative pressure control valve, not shown, to control the operations of these devices.

[0036] Reducing agent supply system 41 consists of a reducing agent supply source, 43, including a reducing agent container, and a pressurization pump, control valves 44a and 44b that adjust the flow rate of the reducing agent supplied to reducing agent supply nozzles, 42a and 42b from reducing agent supply source 43, and check valves 45a and 45b, which are installed between nozzles 42a/42b and control valves 44a/44b (*sic*). Control valves 44a and 44b assume the specified openings based on the control signal from control circuit 30 at the time of regenerating NOx absorbers 18a and 18b, which are described later, to supply the reducing agent in the amount corresponding to the specified valve opening mentioned above to NOx absorbers 18a and 18b.

[0037] The reducing agent used for the NOx release and reduction cycle of NOx absorbers 18a and 18b (regeneration cycle) should be those that can generate gases containing hydrocarbons and carbon monoxide in the exhaust gas. Commonly used agents are gases such as hydrogen and carbon monoxide, liquids such as propane, propylene, and butane, or gasified liquid fuels such as hydrocarbons, gasoline, light oil, and kerosene. In the working example of this invention, when the internal combustion engine used is a diesel engine, the engine fuel, or the light oil, is used as the reducing agent so that the engine fuel tank and the fuel pump can be used as reducing agent supply source 43.

[0038] Given next are explanations of NOx absorber 18 (18a and 18b) shown in Figs. 2 and 3. NOx absorber 18 (18a and 18b) contained in casing 19 (19a and 19b) in Figs. 2 and 3 can be, for example, a structure consisting of a carrier such as alumina and others, which supports at least one of the alkali metals such as potassium, K, sodium, Na, lithium, Li, and cesium, Cs; alkaline earth metals such as Barium, Ba, and calcium, Ca; or rare earth metals such as lanthanum, La, and yttrium, Y;

together with one noble metal such as platinum, Pt. NOx absorber 18 goes through an absorption/emission cycle that absorbs NOx when the air-fuel ratio of the exhaust gas is lean, and releases the absorbed NOx when the oxygen concentration is decreased.

[0039] The air-fuel ratio mentioned above is defined here as the ratio between the total air flow supplied to the upstream exhaust gas channel of the NOx absorber, the engine combustion chamber, and the intake passage, with respect to the sum of the fuel and the reducing agent flows. This implies that when the fuel, the reducing agent, or the air is not supplied to the exhaust channel upstream of the NOx absorber, the air-fuel ratio of the exhaust air becomes equal to that of the engine air-fuel ratio (the air-fuel ratio in the combustion chamber of the engine).

[0040] Since, in this working example, the engine used is designed to undergo a lean air-fuel ratio combustion, its normal air-fuel ratio is lean, and the NOx absorber absorbs NOx in the exhaust gas. The NOx absorber emits the absorbed NOx when the engine air-fuel ratio is switched from lean to rich or to the stoichiometric air-fuel ratio (in the case of Fig. 2), or when the reducing agent is supplied to the exhaust gas channel upstream of the absorber (in the case of Fig. 3) to cause the oxygen concentration in the exhaust gas to become lower.

[0041] Although there are still areas that have not been understood well regarding the detailed mechanisms of the absorption and emission processes of NOx, it is assumed that the absorption and emission processes are being conducted by the mechanism depicted in Fig. 4. Next, this mechanism is explained using an example in which Pt and Ba are supported over a carrier. Even if another noble metal, alkali metal, alkali earth metal, or rare earth metal is used, the mechanisms for absorption and emission processes should be the same.

[0042] In other words, when the exhaust gas entering the NOx absorber is lean, the oxygen concentration in the exhaust gas increases greatly, and as shown in Fig. 4(A), O<sub>2</sub> in the exhaust gas will adhere to the surface of Pt in the form of O<sub>2</sub><sup>-</sup> or O<sup>2-</sup>. On the other hand, NOx from the engine is emitted in the exhaust gas in the form of NO, which reacts with these O<sub>2</sub><sup>-</sup> or O<sup>2-</sup> over the Pt surface and becomes NO<sub>2</sub>. ( $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ ). Part of the NO<sub>2</sub> thus produced will be oxidized over the Pt while being absorbed into the absorber to be bonded with the barium oxide, BaO, and diffuse in the

absorber in the form of nitric acid ions,  $\text{NO}_3^-$  as depicted in Fig. 4(A). With this mechanism,  $\text{NO}_x$  is absorbed within the  $\text{NO}_x$  absorber.

[0043] As long as the oxygen concentration of the entering exhaust gas is high,  $\text{NO}_2$  is formed over the surface of platinum Pt, and as long as the absorption capacity of the absorber is not saturated,  $\text{NO}_2$  will be absorbed into the absorber to produce  $\text{NO}_3^-$ . In contrast, if the air-fuel ratio of the entering exhaust gas is rich or at the stoichiometric fuel ratio, the oxygen concentration in the exhaust gas decreases resulting in a decline in  $\text{NO}_2$  production. Under this condition, the direction of the reaction is reversed ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ), and the  $\text{NO}_3^-$  in the absorber will be emitted in the form of  $\text{NO}_2$  from the absorber.

[0044] On the other hand, if there are unburnt components of HC and CO remaining in the entering exhaust gas, these components will react with  $\text{O}_2^-$  or  $\text{O}_2$  to become oxidized by consuming the oxygen over the Pt surface. Moreover, the  $\text{NO}_2$  emitted from the  $\text{NO}_x$  absorber, as shown in Fig. 4(B), will react with HC and CO to be reduced. When the  $\text{NO}_2$  over the Pt surface disappears, more and more  $\text{NO}_2$  will be emitted from the absorber.

[0045] In other words, HC and CO in the entering exhaust gas will react immediately with  $\text{O}_2^-$  or  $\text{O}_2$  over the Pt surface to be oxidized. Even when this is followed by the consumption of  $\text{O}_2^-$  or  $\text{O}_2$  over the Pt surface, as long as there is residual HC and CO, the  $\text{NO}_x$  emitted from the absorber and the  $\text{NO}_x$  entering with the exhaust gas will be reduced chemically. In the working example shown in Fig. 2, control circuit 30 normally controls the amount of fuel injection to maintain the lean air-fuel ratio operations of the engine. When the lean air-fuel ratio operations continue for a certain period of time, the amount of  $\text{NO}_x$  absorbed by  $\text{NO}_x$  absorber 18 increases. When the amount of fuel injection increases, the engine operations will be switched to the air-fuel ratio rich condition or to the stoichiometric air-fuel ratio condition. The oxygen concentration in the exhaust gas is then decreased greatly while the concentrations of unburnt HC and CO in the exhaust gas increase. When this happens,  $\text{NO}_x$  that has been absorbed by  $\text{NO}_x$  absorber 18 will be released from the absorber, and the released  $\text{NO}_x$  will be chemically reduced and purified by the unburnt HC and CO that are exhausted from the engine.

[0046] In the working example depicted in Fig. 3, control circuit 30 alternately performs the NO<sub>x</sub> absorption and emission operations by operating changeover valve 22. In other words, in the working example depicted in Fig. 3, with the operations of changeover valve 22, a large quantity of exhaust gas is supplied to one side of the NO<sub>x</sub> absorber (e.g. 18a) to let it absorb the NO<sub>x</sub>. When the absorbed quantity of NO<sub>x</sub> in NO<sub>x</sub> absorber 18a increases after a specified time of NO<sub>x</sub> absorption, changeover valve 22 is actuated in such a manner to switch the flow of the exhaust gas to the other NO<sub>x</sub> absorber 18b so that NO<sub>x</sub> absorber 18a can be regenerated. In other words, at the same time that the exhaust gas entering NO<sub>x</sub> regenerator 18a is decreased, a specified amount of the reducing agent is supplied to absorber 18a through reducing agent supply nozzle 42a. With the supply of the reducing agent, the air-fuel ratio of the exhaust gas entering NO<sub>x</sub> absorber 18a will become rich or at the stoichiometric air-fuel ratio. Over the surface of NO<sub>x</sub> absorber 18a, oxygen in the exhaust gas will be consumed by the oxidation of the reducing agent thus decreasing the oxygen concentration, which results in emission of the absorbed NO<sub>x</sub> in the NO<sub>x</sub> absorber, and the emitted NO<sub>x</sub> will be reduction purified by the reducing agent in the exhaust gas. Moreover, when the changeover period has passed a specified time limit, and the amount of absorbed NO<sub>x</sub> in NO<sub>x</sub> absorber 18b is increased, changeover valve 22 will be switched again to divert a large quantity of the exhaust gas to NO<sub>x</sub> absorber 18a to resume the NO<sub>x</sub> absorption by NO<sub>x</sub> absorber 18a while absorber 18b is being regenerated.

[0047] As mentioned above, in the working examples depicted in Figs. 2 and 3, the absorption of NO<sub>x</sub> in the exhaust gas by the NO<sub>x</sub> absorber and regeneration of the absorbed NO<sub>x</sub> are repeated alternately to achieve purification of the exhaust gas. When the maximum absorbable NO<sub>x</sub> in the NO<sub>x</sub> absorber is decreased due to degradation of the NO<sub>x</sub> absorber, the time required for the absorption capacity of the regenerated NO<sub>x</sub> absorber to diminish is gradually shortened, causing the problems mentioned above.

[0048] In addition to thermal degradation of the NO<sub>x</sub> absorber BaO, the decrease in the saturation amount of the NO<sub>x</sub> absorber can be caused by sulfur poisoning. For example, a minute quantity of sulfur compounds (SO<sub>x</sub>) is contained in engine exhaust gas due to sulfur in the fuel and lubrication oil. The SO<sub>x</sub> in the exhaust gas is absorbed by the NO<sub>x</sub> absorber by the same mechanism as the NO<sub>x</sub>

is absorbed. There are cases in which the absorbed SOx causes sulfur poisoning of the NOx absorber. In other words, when the air-fuel ratio of the exhaust gas is lean, the SOx in the exhaust gas (e.g. SO<sub>2</sub>) will be oxidized by Pt to form SO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, which are combined with BaO to form BaSO<sub>4</sub>. Since BaSO<sub>4</sub> is relatively stable and its coarse crystals tend to grow large, it is extremely difficult to decompose and emit once formed. This results in the tendency in which the absorbed SOx cannot be removed by the normal regeneration process for the NOx absorber, and SOx will be stored in the NOx absorber. When the production rate of BaSO<sub>4</sub> increases in the NOx absorber, the amount of BaO contributing to the absorption of NOx decreases, causing the maximum absorbable quantity (saturation quantity) of NOx to diminish. This phenomenon is called sulfur poisoning (or SOx poisoning). There is also a case when the saturation quantity of NOx decreases in a similar manner as with sulfur poisoning. This takes place when the NOx absorber is used for a long time and the BaO itself is degraded due to high temperatures.

[0049] Moreover, the decrease in the saturation quantity of NOx in the NOx absorber also occurs in the working example shown in Fig. 3 when carbon particles in the exhaust gas deposit in exhaust gas changeover valve 22 causing the valve to not close completely. In other words, changeover valve 22 cannot close to the specified opening and the amount of exhaust gas entering the NOx in the regeneration cycle increases. When this occurs, the reducing agent supplied to the NOx absorber will be diluted by the engine exhaust gas, preventing sufficient emission of the absorbed NOx, and the residual NOx in the NOx absorber after completion of the regeneration cycle increases.

[0050] In addition, the amount of NOx absorbed by the NOx absorber per unit time is not always constant; it varies depending on engine running conditions such as engine load, engine rpm (exhaust gas flow), NOx concentration in the exhaust gas, and exhaust gas temperature. Since the absorption capacity of the NOx absorber varies not only by the degradation level of the absorber but also by the engine running conditions, there is a problem in that setting the regeneration period at a specified value alone, as indicated by the aforementioned Unexamined Patent Sho 62-106826, will not be able to provide the appropriate regeneration in response to degradation of the absorber.

[0051] In the working examples of this invention, the change in the absorption capacity of NOx absorber 18 (18a and 18b) is monitored by detecting the NOx concentration in the exhaust gas

downstream of the NOx absorber with NOx sensor 20, and the regeneration cycle is started when the absorption capacity has decreased. With this procedure, an appropriate length of the regeneration cycle can be established to prevent the problems mentioned above from occurring.

[0052] Given below is an explanation regarding the procedure for setting the regeneration timing for the NOx absorber in the working examples mentioned above. Incidentally, the operations to set the regeneration timing given below are applicable to both the working examples shown in Figs. 2 and 3. Depicted in Fig. 5 is a sample flow chart for the routine to set up the timing for regeneration of the NOx absorber which takes place at a specified time cycle by control circuit 30. As mentioned earlier, when the absorption capacity of the NOx absorber decreases, the NOx concentration in the downstream exhaust gas after completion of regeneration increases. Moreover, as indicated in Fig. 1, when the saturation quantity of NOx declines due to degradation of the NOx absorber, deterioration in the absorption capacity of the absorber will take place within a short time after the regeneration. In the working example depicted in Fig. 5, the curve indicating the increase in NOx concentration in the exhaust gas downstream of the absorber is monitored to detect an inflection point (points A and A' in Figs. 1(A) and 1(B) respectively). When the inflection point is detected, it is determined that the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated and its regeneration cycle starts. With these procedures, regardless of degradation of the NOx absorber or changes in engine running conditions, the regeneration can start before the NOx quantity in the NOx absorber becomes saturated.

[0053] When the routine indicated in Fig. 5 starts, the NOx concentration downstream of NOx absorber 18 (18a or 18b), NR, is read by downstream NOx sensor 20 in step 501. In step 503, the concentration increase rate, DNR, is calculated by  $DNR = NR - NR_{i-1}$ , in which  $NR_{i-1}$  is the NOx concentration when the previous routine was executed.

[0054] In step 505, using concentration increase rates DNR and  $DNR_{i-1}$  calculated in the previous routine, the change in the concentration increase rate, D2NR, is calculated as  $D2NR = DNR - DNR_{i-1}$ . In step 507, the value of  $NR_{i-1}$  and  $DNR_{i-1}$  are renewed for execution of the next routine. Next, in steps 511 and 513, using downstream NOx concentration, NR, which has been read, and the change rate of concentration increase rate D2NR, it can be determined whether or not the absorption capacity of NOx absorber 18 (18a or 18b) has diminished. In other words, if the downstream NOx

concentration NR is greater than a specified value, N1 (step 511), and if the change rate of the concentration increase rate of NOx, or D2NR, is zero or negative (step 513), the absorption capacity of NOx absorber 18 (18a and 18b) has diminished, so it has to be regenerated. Upon this determination, the routine advances to step 515, and sets the regeneration flag, FR (=1) before the routine is completed. When any condition of steps 511 or 513 is not satisfied, the value of regeneration flag FR will not be changed, and the routine will be completed as it is.

[0055] When regeneration flag FR is reset (= 1) in step 513, the NOx regeneration operation is executed by a separate control circuit 30 either to change the engine air-fuel ratio to the rich side (as in the case of Fig. 2) by increasing the amount of engine fuel injection as mentioned before by a routine not mentioned here, or to switch changeover valve 22 and supply the reducing agent (as in the case of Fig. 3) from reducing agent supply system, 41. When the specified time regeneration cycle is executed and completed, the amount of fuel injection is reverted to the normal lean air-fuel ratio condition (as in the case of Fig. 2), or supply of the reducing agent is stopped (as in the case of Fig. 3), and regeneration flag FR is reset (= 0). Moreover, in these working examples, the condition for starting the regeneration cycle is initiated not only when the increase curve of the downstream NOx concentration has reached the inflection point (step 513), but also when the downstream NOx concentration becomes lower than a specified value (step 511). The reason for this is to prevent the following event from happening. Depending on the engine running condition, when the NOx concentration of the exhaust gas entering the NOx absorber rapidly declines, the upstream NOx concentration will be decreased responding to this change. If this happens, an inflection point in the concentration increase curve for the downstream NOx concentration may be produced even when the absorption capacity of the NOx absorber has not diminished.

[0056] As described above, in this invention, the NOx concentration downstream of the NOx absorber is detected to monitor the change in the NOx concentration in order to start the regeneration cycle with ample spare time even when the NOx absorber is deteriorated (change in saturation quantity) or when the engine running condition changes. With these provisions, it is possible to effectively prevent deterioration of the exhaust gas quality resulting from a decline in the absorption capacity of the NOx absorber.

[0057] In the working example described above, whether or not the NOx absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated is determined based only on the change in the NOx concentration downstream of the NOx absorber. The NOx concentration downstream of the NOx absorber fluctuates, even when the deterioration condition of the NOx absorber is the same, responding to the changes in the NOx concentration in the exhaust gas entering the NOx absorber, if such a change takes place. In other words, if the NOx concentration in the engine exhaust gas entering the NOx absorber increases or decreases, the downstream NOx concentration also increases and decreases accordingly. If the absorption capacity of the NOx absorber is determined solely based on the downstream NOx concentration, there may be a case when accurate determination of the NOx absorption capacity of the NOx absorber cannot be made.

[0058] In the working examples explained in Figs. 6 and 7, as indicated by dotted lines in Figs. 2 and 3, a NOx sensor, 25, similar to downstream sensor 20, is provided in the exhaust channel upstream of NOx absorber 18 (18a and 18b) so that the NOx concentration upstream of the NOx absorber is detected in addition to the downstream NOx concentration. The decline in NOx absorption capacity in the NOx absorber is determined by considering the interrelationships between these NOx concentrations.

[0059] In the routine depicted in Fig. 6, the determination for NOx absorber 18 (18a and 18b) deterioration is made based on the difference between the upstream and downstream concentrations of NOx across the NOx absorber, which represents the amount of NOx that is actually absorbed by the NOx absorber. The monitoring of the concentration difference in the exhaust gas between up- and downstream of the NOx absorber permits detection of deterioration in NOx absorption capacity irrespective of the fluctuation in the upstream NOx concentration.

[0060] In Fig. 6, as soon as the routine starts, the NOx concentration in the exhaust gas downstream of the NOx absorber, NRD, is read by downstream NOx sensor 20 in step 601. In step 603, the NOx concentration in the exhaust gas upstream of the NOx absorber, NRU, is read by upstream NOx sensor 25. This is followed by step 605, at which the difference between the NRD and NRU thus read, or  $\Delta NR$ , is determined.



[0061] Moreover in step 607, the concentration difference  $\Delta NR$  thus determined above is evaluated to find out if it is smaller than a specified value  $\Delta NR1$  or not. If  $\Delta NR \leq \Delta NR1$ , or when the downstream NOx concentration is approaching the upstream NOx concentration, the absorption capacity of the NOx absorber has diminished, and it will be determined that regeneration is needed. The routine then advances to step 609 to set regeneration flag FR (= 1) before completing the routine. If it is found  $\Delta NR > \Delta NR1$  in step 607, it is determined that the NOx absorber absorbed almost all the NOx in the exhaust gas, and it is determined that the absorption capacity of the NOx absorber has not deteriorated. This step is then followed by completion of the routine without setting regeneration flag FR.

[0062] Incidentally, the specified value  $\Delta NR1$  mentioned above varies depending on the type and size of the NOx absorber. It is preferable that it be determined by experiments and other means. In Fig. 6, when regeneration flag FR is set (= 1), regeneration of NOx absorber 18 (18a and 18b) is executed by a separate control circuit 30 using a routine not shown here. This process is identical to that used in the working example depicted in Fig. 5.

[0063] In the working example described above, the NOx absorption capacity of the NOx absorber is determined by monitoring the difference between the upstream and downstream concentrations of NOx, or  $\Delta NR$ . It is also possible to determine the absorption capacity of the NOx absorber by using a parameter other than the concentration difference,  $\Delta NR$ . For example, it is possible to determine the absorption capacity of the NOx absorber by the ratio between the upstream and downstream concentrations of NOx such as  $RNR = NR_D/NR_U$ . Since RNR indicates the fraction of NOx in the downstream exhaust gas that has passed through the NOx absorber without being absorbed by the NOx absorber, the absorption capacity of the NOx absorber has decreased if the value of RNR increases. In this method, instead of detecting the condition at which the concentration difference  $\Delta NR$  becomes lower than a specified value, deterioration of the absorption capacity of the NOx absorber is determined to have taken place when the concentration ratio mentioned above, RNR, exceeds a specified value, RNR1 (e.g. RNR1 = around 0.8).

[0064] Figure 7 depicts a flow diagram for a routine to determine deterioration of the NOx absorbing capacity by the concentration ratio, RNR. As in the routines shown in Figs. 5 and 6, this

routine is executed by control circuit 30 at specified time intervals. When the routine starts in Fig. 7, in steps 701 and 703, the downstream NOx concentration NRD, and upstream NOx concentration NRU are read by downstream NOx sensor 20 and upstream NOx sensor 25, respectively. Next in step 705, the ratio between the NRD and NRU thus read above, or RNR, is calculated as  $RNR = NRD/NRU$ .

[0065] In step 707, it is checked to see if the calculated concentration ratio, RNR, is higher than a specified value, RNR1 (e.g. RNR1 = around 0.8). If  $RNR \geq RNR1$ , or when the downstream NOx concentration is approaching the upstream NOx concentration, the amount of downstream NOx in the exhaust gas that has passed through NOx absorber 18 (18a and 18b) without being absorbed is increasing. In other words, it is determined that the absorption capacity of NOx absorber 18 (18a and 18b) has deteriorated. The routine then advances to step 709 and sets regeneration flag FR (=1) before it is completed. If in step 707,  $RNR < RNR1$ , it is determined that the NOx absorption capacity of the NOx absorber has not deteriorated. In this case the routine will be completed without setting regeneration flag FR.

[0066] When regeneration flag FR is set (= 1), the regeneration process for NOx absorber 18 (18a and 18b) is executed by a separate control circuit 30 using a routine not shown here. This process is identical to those used in the working examples depicted in Figs. 5 and 6. According to the working example shown in Figs. 6 and 7, detection of the upstream NOx concentration in addition to the downstream NOx concentration and determination of NOx absorption capacity based on the interrelationship between these NOx concentrations have made it possible to obtain an accurate determination of the NOx absorption capacity even when the NOx concentration in the exhaust gas fluctuates widely depending on changes in engine running conditions.

[0067] In the working examples depicted in Figs. 6 and 7, the NOx concentration in the exhaust gas upstream of NOx absorber 18 (18a and 18b) is detected directly by upstream NOx sensor 25 (Figs. 2 and 3) which is installed in the upstream exhaust gas channel. The NOx concentration upstream of the NOx absorber is the NOx concentration of the exhaust gas from the engine, the magnitude of which is determined by the running condition of the engine, such as engine load and air intake flow. Instead of installing upstream NOx sensor 25 as described above, it is possible to

calculate the NOx concentration upstream of the NOx absorber based on the engine running condition.

[0068] In this case, the NOx concentration in the engine exhaust gas, RNU, should be measured beforehand under conditions in which the engine intake pressure, PM, (Fig. 2) or the accelerator opening, ACC, (Fig. 3), and the engine rpm, N, (in other words, the intake air flow) are varied. Using these measured values, NOx concentration RNU should be obtained as a function of intake pressure PM (or accelerator throttle opening ACC) and engine rpm N as shown in Fig. 8(A) (or Fig. 8(B)) in the form of a numerical table, and should be stored beforehand in ROM 32 of control circuit 30. In step 603 in Fig. 6, and in step 703 in Fig. 7, instead of reading the NOx concentration upstream of NOx absorber 18 (18a and 18b), the control system can be designed so as to read upstream NOx concentration RNU from Fig 8(A) (or Fig. 8(B)), the numerical tables of RNU based on engine intake pressure PM read by air intake sensor 15 shown in Fig. 2 (or accelerator opening ACC read by accelerator opening sensor 55 shown in Fig. 3) and engine rpm N read by rpm sensor 21.

[0069] By designing the control system in such a manner that the NOx concentration upstream of the NOx absorber can be computed from the engine running condition, NOx sensor 25 upstream of the NOx absorber can be deleted to simplify the control system and reduce its cost. Using Figs. 9 through 11, other working examples of this invention are explained next. In the working examples described above, the absorption capacity of the NOx absorber is determined by the change in the NOx concentration downstream of the NOx absorber, and if the absorption capacity becomes lower than a specified value, the regeneration cycle of the NOx absorber is initiated. In contrast to this procedure, in this working example, regeneration of the NOx absorber is implemented at specified time intervals which are corrected in accordance with the NOx concentration in the exhaust gas down stream of the NOx absorber. It is possible to achieve the regeneration process of the NOx absorber depending on the change in the absorption capacity of the NOx absorber to the same degree as the working examples explained above by providing correction to the interval between regeneration cycles.

[0070] Figure 9 explains how the regeneration cycle interval for the NOx absorber is controlled in this working example. Figs. 9(A) and 9(B) are similar to Fig. 1 in which the relationship between the

NOx absorption time of the NOx absorber and the NOx concentration in the exhaust gas downstream of the NOx absorber is depicted. In this working example, control circuit 30 detects the downstream NOx concentration, NAR, after a certain time period, TR, has passed since the NOx absorber started to absorb NOx in the exhaust gas, based on which the NOx absorption time (time interval between the two successive regeneration cycles) is corrected. In other words, if this NOx concentration, NAR, is larger than a specified value, say NAC, it is determined that the absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated, and the NOx absorption period (or the time interval between the two successive regeneration cycles) can be shortened by a specified amount. If, on the other hand, NOx concentration NAR is lower than specified value NAC, it is determined that the NOx absorption capacity of the NOx absorber is still sufficient, and the NOx absorption period (the time interval between two consecutive regeneration cycles) is extended by a specified amount.

[0071] For example, as in the case of Fig. 1(B), Fig. 9(A) depicts a case when the NOx absorption capacity of the NOx absorber has decreased. In this case, NOx concentration NAR in the exhaust gas downstream of the NOx absorber (output of downstream NOx sensor 20), when time TR has elapsed after the absorption cycles started, becomes greater than the specified value NAC. Hence, control circuit 30 will shorten the regeneration cycle interval, TINT, by a specified amount,  $\Delta T$ . With this operation, as indicated by the solid line in Fig. 9(A), the regeneration process takes place before the NOx concentration in the exhaust gas downstream of the NOx absorber increases greatly, thus preventing deterioration of exhaust gas quality.

[0072] On the other hand, contrary to the case discussed above, Fig. 9(B) depicts the case when there is spare capacity for NOx absorption left in the NOx absorber, which will occur when the engine exhaust of NOx is decreased due to a change in engine running conditions. Since there is spare NOx absorption capacity in the NOx absorber, NOx concentration NAR in the exhaust gas downstream of the NOx absorber has not reached the specified value of NAC after time period TR. Yet, in this case, if the regeneration of NOx is carried out with the same regeneration cycle interval as before, the regeneration takes place under the condition at which the NOx absorbed in the NOx absorber is small, not making maximum use of the absorption capacity of the NOx absorber. Under this condition, control circuit 30 increases the regeneration cycle time interval TINT by a certain

amount (e.g.  $1/2 \cdot DT$ ) to increase the NOx absorption by the NOx absorber by a sufficient amount before starting the regeneration of the NOx absorber. With these procedures, efficient purification of exhaust gas making maximum use of the NOx absorption capacity of the NOx absorber can be realized.

[0073] In addition, in this working example, the value of NAC to check NOx concentration NAR is set around 50% of the NOx concentration (IN) of the exhaust gas upstream of the NOx absorber, and the time period TR to check the NOx concentration is set around  $1/2$  of the standard regeneration period (e.g. 3 minutes). Fig. 10 depicts a flow chart designed to perform the correction operations of the regeneration cycle interval mentioned above using the configuration of the exhaust gas purification system shown in Fig. 3. This routine is executed by control circuit 30 at a specified time interval.

[0074] In Fig. 10, as soon as the routine starts, the elapsed time,  $t$ , is checked to see whether or not it agrees with the specified time TR in step 1001. Here, elapsed time  $t$  is the time elapsed since the changeover of the NOx absorber between 18a and 18b has started by the routine shown in Fig. 11, which is described later. If  $t$  is not equal to TR in step 1001, the routine skips the next operations and is completed at step 1019. If  $t = TR$ , engine rpm N and accelerator opening ACC are read by their respective sensors 21 and 55 (see Fig. 3) as the parameters representing the engine running conditions in step 1003. In step 1005, the NOx concentration of the engine exhaust gas is calculated using Fig. 8(B), which is based on the parameters mentioned above. The NOx concentration thus determined will be multiplied by a certain constant (e.g. 0.5) and is stored as NAC in the RAM of control circuit 30.

[0075] Next, in step 1007, NOx concentration NAR of the exhaust gas downstream of NOx absorbers 18a and 18b is read by downstream NOx sensor 20. The value of NAR is then compared against NAC in step 1009. If, in step 1009, it is found that  $NAR \geq NAC$ , it is determined as before that the NOx absorption capacity of the NOx absorber has deteriorated. Hence in step 1011, the regeneration cycle time interval TINT will be shortened by an arbitrary amount  $\Delta T$ . In step 1013, the amount CH of the reducing agent from the reducing agent supply system 41 is increased by a set amount of  $\Delta CH$  during the regeneration cycle. If, in step 1009,  $NAR < NAC$ , it is determined that

there is ample spare absorption capacity still left in the NO<sub>x</sub> absorber. Then in step 1015 the regeneration cycle time interval TINT is increased by  $1/2\Delta T$ , while in step 1017 the reducing agent supply flow CH from the reducing agent supply system 41 will be decreased by a specified amount,  $1/2\Delta CH$ .

[0076] Here, the reason an additional correction is made to reducing agent supply CH in response to the value of NAR is as follows. When the NO<sub>x</sub> saturation quantity in the NO<sub>x</sub> absorber has diminished due to its degradation, its absorption capacity can be restored to some degree by the use of a richer air-fuel mixture in the exhaust gas for regeneration. When regeneration of the NO<sub>x</sub> absorber is insufficient due to an increase in the exhaust gas flow during the regeneration resulting from foreign matter being trapped in exhaust gas changeover valve 2 (*sic*), it is necessary to obtain an appropriate air-fuel ratio during the regeneration cycle by increasing the supply of reducing agent.

[0077] Although regeneration cycle interval TINT and the flow of reducing agent supply CH mentioned above are set at appropriate values (initial values) when the engine starts, they can also be set as follows. A backup RAM, which can retain the memory even when the engine is stopped can be installed in control circuit 30 to store regeneration interval TINT and reducing agent flow CH, which have been determined by the routine mentioned above. These stored values can be used as the initial values. Although not shown in the flow diagram of Fig. 10, it is possible to prevent regeneration interval TINT and reducing agent supply CH from becoming either too large or too small after the correction procedures mentioned above by setting maximum and minimum values for these parameters.

[0078] Next, Fig. 11 depicts a flow diagram for the regeneration process based on regeneration cycle interval TINT and reducing agent supply CH. This routine is also executed at a specified time interval by control circuit 30 as in the routine shown in Fig. 10. In Fig. 11, as soon as the routine starts, in step 1101,  $\Delta t$  is added to time parameter  $t$  that represents the elapsed time after the changeover between NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b takes place. Here,  $\Delta t$  corresponds to the execution time increment for this routine. As described later, parameter  $t$  will be cleared immediately after the changeover operation of NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b is completed. Hence, the value of  $t$  represents the elapsed time after the changeover process of NO<sub>x</sub> absorbers 18a and 18b is completed.

[0079] In step 1103, the value of  $t$  which had been incremented by  $\Delta t$  given above is checked to see if it is greater than regeneration cycle interval TINT, that had been corrected above, or not. If  $t$  is greater than the corrected TINT, exhaust gas changeover valve 22 is switched in step 1105 while the amount CH of the reducing agent, which had been corrected by the routine shown in Fig. 10, is supplied from reducing agent supply system 41 to the NOx absorber to regenerate the NOx absorber. In step 1107, which is after the changeover valve is switched, parameter  $t$  will be cleared and the routine ends. If, in step 1103,  $t$  has not reached TINT, the regeneration process mentioned above is skipped and the routine advances to step 1109, and the routine is immediately completed.

[0080] As explained above, this working example permits appropriate regeneration operations responding to the changes in the absorption capacity of the NOx absorber so that deterioration of exhaust gas quality resulting from degradation of the NOx absorption capacity can be prevented, and at the same time it permits effective use of the absorption capacity of the NOx absorber. Although the working examples depicted in Figs. 10 and 11 were explained using the configuration of Fig. 3, they can be by the configuration shown in Fig. 2 in the same manner in which one NOx absorber is located in the exhaust gas channel, and the engine air-fuel ratio is switched to the rich side or to the stoichiometric air-fuel ratio. In this case, for example, in steps 1013 and 1017 of Fig. 10, instead of increasing or decreasing the supply of reducing agent flow, fuel supply to the engine can be increased or decreased during the regeneration period.

[0081] In the working example depicted above, testing criteria value NAC for NOx concentration NAR was calculated based on the NOx concentration of the engine exhaust gas that was also calculated from the running conditions of the engine. This can be replaced by the following method. Test value NAC can be determined by NOx sensor 25 (as shown in Figs. 2 and 3) which is installed in the exhaust gas channel upstream of the NOx absorber to directly detect the NOx concentration of the exhaust gas upstream of the NOx absorber. Moreover, in the working example mentioned above, the NOx concentration in the exhaust gas at the time when a specified time has elapsed since the absorption process by the NOx absorber has started was used as the test NOx concentration value NAR. Instead of using the one-time measurement of the NOx concentration as NAR, this step can be

replaced by the use of an average of several NO<sub>x</sub> concentration measurements taken during a specified time interval.

[0082] In addition, test value NAC can be a fixed value instead of a certain ratio of the upstream NO<sub>x</sub> concentration mentioned above.

[0083]

[Effects of the Invention] The exhaust gas purification system invented herein detects the NO<sub>x</sub> concentration in the exhaust gas passing through the NO<sub>x</sub> absorber by the NO<sub>x</sub> sensor located downstream of the NO<sub>x</sub> absorber, based on which the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber is determined directly. Appropriate regeneration of the NO<sub>x</sub> absorber is performed based on the changes in the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber thus determined. With these procedures, it is possible to achieve efficient exhaust gas purification effectively utilizing the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber to prevent deterioration of the exhaust gas characteristics regardless of the changes in the saturation of the NO<sub>x</sub> absorber or fluctuations in the engine running conditions.

[Brief Explanation of Drawings]

[Fig. 1] explains the principles used in this invention in determining degradation of the absorption capacity of the NO<sub>x</sub> absorber.

[Fig. 2] shows an overall schematic of a working example of an internal combustion engine using the exhaust gas purification system based on this invention.

[Fig. 3] shows an overall schematic of another working example of an internal combustion engine using the exhaust gas purification system based on this invention.

[Fig. 4] explains the NO<sub>x</sub> absorption and emission operations of the NO<sub>x</sub> absorber used in this invention.

[Fig. 5] shows a sample flow diagram for setting the regeneration timing for the NO<sub>x</sub> absorber of this invention.

[Fig. 6] shows a sample flow diagram for setting the regeneration timing for the NO<sub>x</sub> absorber of this invention.

[Fig. 7] shows a sample flow diagram for setting the regeneration timing for the NO<sub>x</sub> absorber of this invention.



[Fig. 8] shows the format of the numerical table to express the NO<sub>x</sub> concentration in the engine exhaust gas.

[Fig. 9] explains the operations to correct the regeneration cycle interval of the NO<sub>x</sub> absorber.

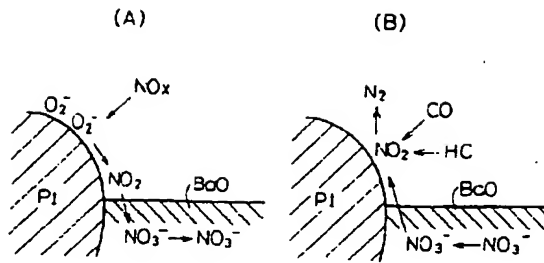
[Fig. 10] shows a flow diagram for sample operations to correct the regeneration cycle interval of the NO<sub>x</sub> absorber.

[Fig. 11] shows a flow diagram for a sample regeneration process of the NO<sub>x</sub> absorber.

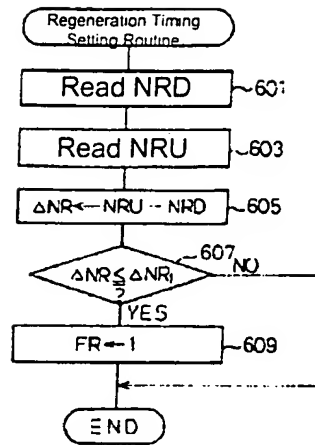
[Explanation of Reference Materials]

- 1 . . . Internal Combustion Engine
- 17 . . . Exhaust Gas Channel
- 18, 18a, and 18b . . . NO<sub>x</sub> Absorbers
- 22 . . . Exhaust Gas Changeover Valve
- 20 and 25 . . . NO<sub>x</sub> Sensors
- 30 . . . Control Circuit
- 41 . . . Reducing Agent Supply System

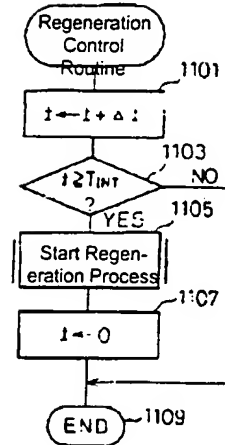
[Fig. 4]



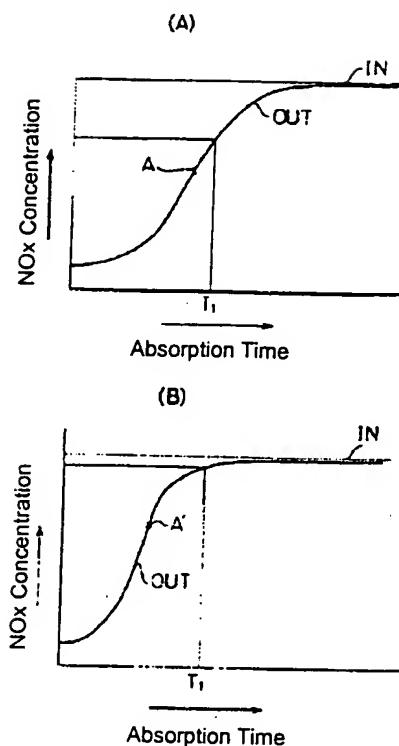
[Fig. 6]



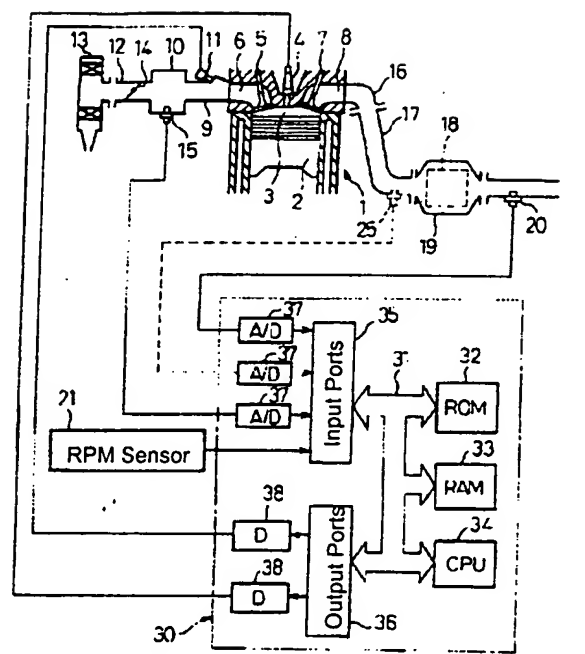
[Fig. 11]



[Fig. 1]

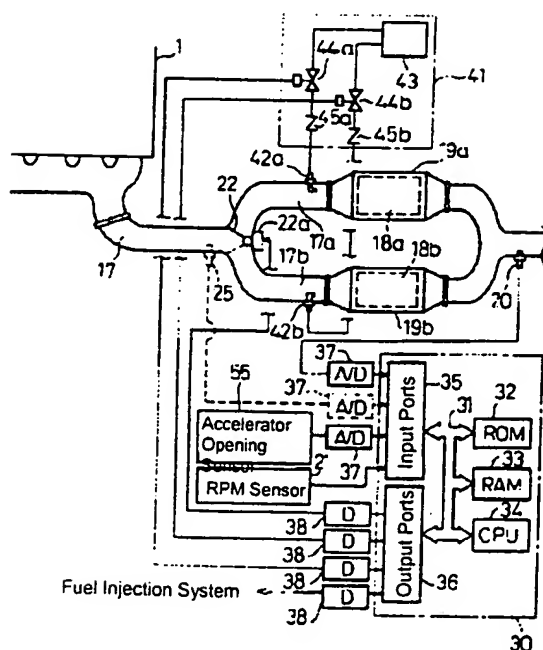


[Fig. 2]



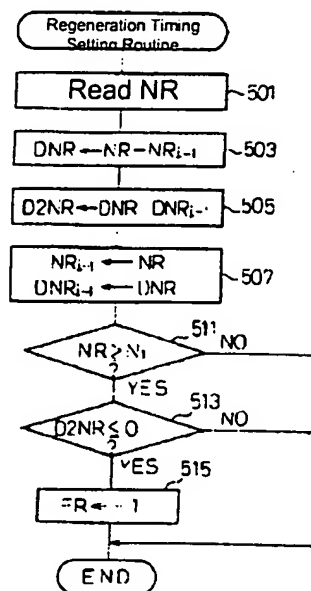
1... Internal Combustion Engine      20 and 25... NOx Sensors  
 17... Exhaust Gas Channel      30... Control Circuit  
 18... NOx Absorber

[Fig. 3]

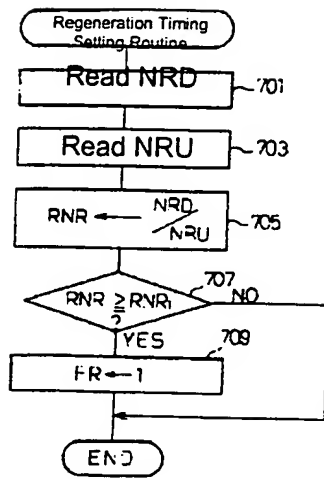


1... Internal Combustion Engine      20 and 25... NOx Sensors  
 17... Exhaust Gas Channel      30: Control Circuit  
 22... Exhaust Gas Changeover Valve      41: Reducing Agent Supply System  
 18a and 18b... NOx absorbers

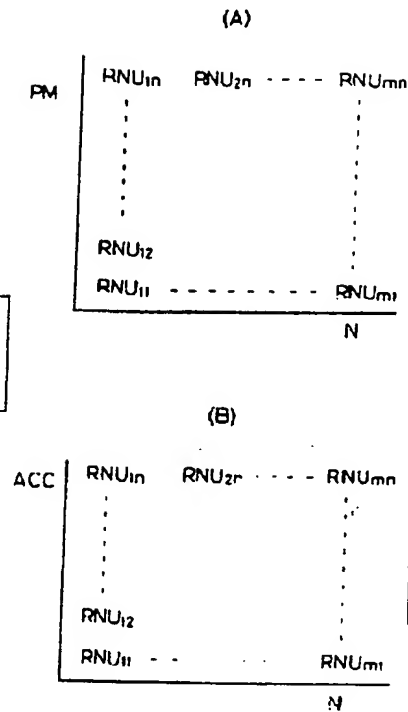
[Fig. 5]



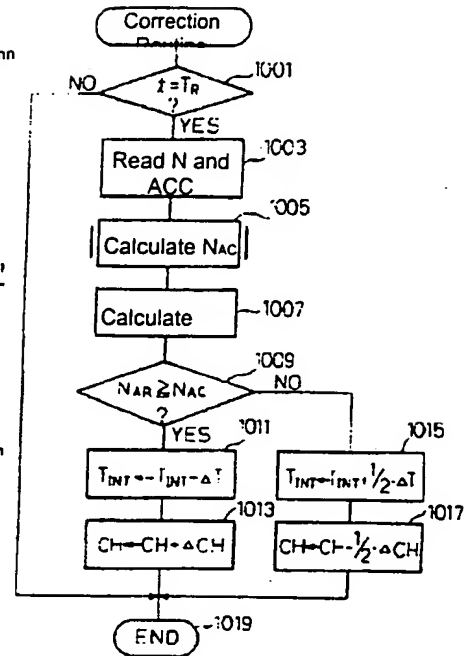
[Fig. 7]



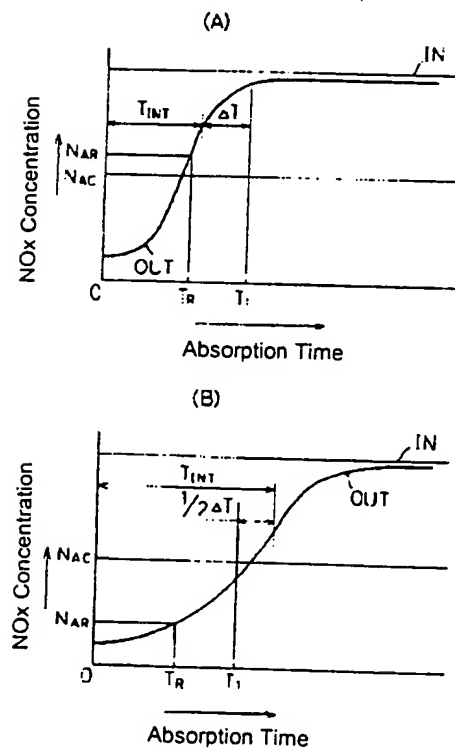
[Fig. 8]



[Fig. 10]



[Fig. 9]



Continued from front page

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>		Identification Code	JPO File Nos.	FI	Technology Display Area
F01N	3/28	301	C		
F02D	41/04	305	Z		
	41/14	310	J		

(72) Inventor: Tetsu Iguchi  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Yasushi Araki  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Shinya Hirota  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

(72) Inventor: Kiyoshi Obata  
c/o Toyota Motor Corporation  
1 Toyota-cho, Toyota City, Aichi Prefecture

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-166851

(43) 公開日 平成7年(1995)6月27日

(51) IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 N 3/24	Z A B E			
	R			
3/08	Z A B A			
3/18	Z A B B			
3/28	Z A B			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-11127

(22) 出願日 平成6年(1994)2月2日

(31) 優先権主張番号 特願平5-259872

(32) 優先日 平5(1993)10月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 加藤 健治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 木原 哲郎

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 浅沼 孝充

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

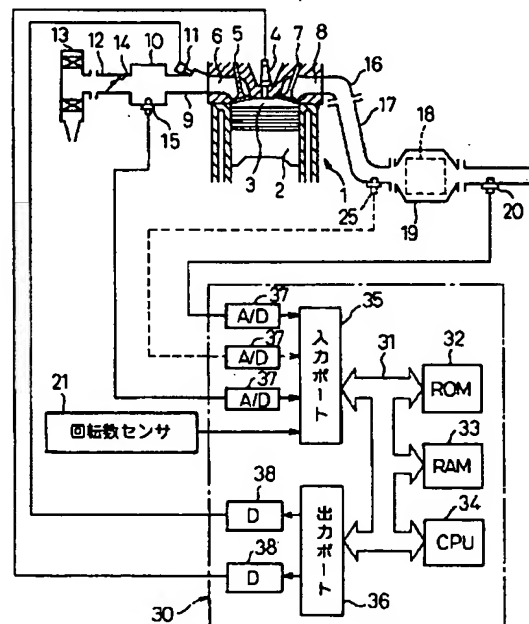
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【要約】

【目的】 NOX 吸収剤の吸収能力の変化に応じた適切な再生操作を行い、NOX 吸収剤の吸収能力低下による排気性状の悪化を防止するとともに、NOX 吸収剤の吸収能力を有効に活用した効率的な排気浄化を行う。

【構成】 内燃機関1の排気通路17の、NOX 吸収剤18の下流側にNOX センサ20を配置し、検出したNOX 成分の濃度に基づいてNOX 吸収剤18のNOX 吸収能力が低下したと判定されたときにNOX 吸収剤の再生を行う。



1...内燃機関  
17...排気通路  
18...NOx 吸収剤  
20, 25...NOx センサ  
30...制御回路

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 内燃機関の排気通路に配置された、流入する排気空燃比がリーン有的时候にNOXを吸収し、流入する排気の酸素濃度が低下したときに吸収したNOXを放出するNOX吸収剤と、  
前記NOX吸収剤下流側の排気通路に配置され、排気中のNOX濃度を検出するNOXセンサと、  
前記NOXセンサの検出したNOX吸収剤下流側での排気中のNOX濃度に基づいて、前記NOX吸収剤の吸収能力の低下の有無を判定する判定手段と、  
前記吸収能力が低下したと判定されたときに、前記NOX吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NOX吸収剤から吸収したNOXを放出させる再生手段、  
とを備えた内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】 前記判定手段は、前記NOXセンサの検出したNOX吸収剤下流側での排気中のNOX濃度が所定値以上であり、かつ前記NOX濃度の増加速度の変化率が負になったときにNOX吸収剤の吸収能力が低下したと判定する請求項1に記載の排気浄化装置。

【請求項3】 内燃機関の排気通路に配置された、流入する排気空燃比がリーン有的时候にNOXを吸収し、流入する排気の酸素濃度が低下したときに吸収したNOXを放出するNOX吸収剤と、  
前記NOX吸収剤上流側の排気中のNOX濃度を検出する上流側NOX濃度検出手段と、  
前記NOX吸収剤下流側の排気通路に配置され、排気中のNOX濃度を検出する下流側NOXセンサと、  
前記上流側NOX濃度検出手段により検出された前記NOX吸収剤上流側での排気中のNOX濃度と、前記下流側NOXセンサにより検出された前記NOX吸収剤下流側での排気中のNOX濃度とに基づいて前記NOX吸収剤の吸収能力の低下の有無を判定する判定手段と、  
前記吸収能力が低下したと判定されたときに、前記NOX吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NOX吸収剤から吸収したNOXを放出させる再生手段、  
とを備えた内燃機関の排気浄化装置。

【請求項4】 前記判定手段は、前記上流側でのNOX濃度と前記下流側でのNOX濃度との差が、所定値以下になったときにNOX吸収剤の吸収能力が低下したと判定する請求項3に記載の排気浄化装置。

【請求項5】 前記判定手段は、前記下流側でのNOX濃度と前記上流側NOX濃度との比が、所定値以上になったときにNOX吸収剤の吸収能力が低下したと判定する請求項3に記載の排気浄化装置。

【請求項6】 前記上流側NOX濃度検出手段は、前記NOX吸収剤上流側の排気通路に配置された、排気中のNOX濃度を検出するNOXセンサからなる請求項3から5のいずれか1項に記載の排気浄化装置。

【請求項7】 前記上流側NOX濃度検出手段は、前記機関の運転状態を検出する手段と、検出された運転状態に基づいて、予め定められた関係から前記上流側でのNOX濃度を演算する手段とを備えた請求項3から5のいずれか1項に記載の排気浄化装置。

【請求項8】 内燃機関の排気通路に配置した、流入する排気空燃比がリーン有的时候に排気中のNOXを吸収し、排気酸素濃度が低下したときに吸収したNOXを放出するNOX吸収剤と、  
前記NOX吸収剤の下流側の排気通路に配置され、排気中のNOX濃度を検出するNOXセンサと、  
所定時間間隔で前記NOX吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NOX吸収剤から吸収したNOXを放出させるNOX吸収剤の再生操作を行う再生手段と、  
前記NOXセンサにより検出された排気中のNOX濃度に基づいて、前記再生手段の前記NOX吸収剤再生操作実行間隔を補正する補正手段、  
とを備えた内燃機関の排気浄化装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関し、詳細には、ディーゼルエンジンや希薄燃焼を行うガソリンエンジン等、リーン空燃比の燃焼を行う内燃機関の排気中のNOXを効果的に除去可能な排気浄化装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】この種の排気浄化装置の例としては、例えば特開昭62-106826号公報に開示されたものがある。同公報の装置は、ディーゼル機関の排気通路に酸素の存在下でNOXを吸収する吸収剤を接続し、一定時間排気中のNOXを吸収させた後、吸収剤への排気の流入を遮断して吸収剤に還元剤を供給し、吸収剤からNOXを放出させるとともに放出されたNOXを還元浄化するようにしたものである。すなわち、同公報の装置では、NOX吸収剤はNOX吸収と放出、還元浄化とを交互に一定時間毎に繰り返すようにしている。

【0003】NOX吸収剤は、NOX吸収剤中に吸収したNOX量が増大して、NOX吸収剤の吸収可能な最大NOX量（飽和量）に近づくにつれてNOX吸収能力が低下して行き、NOX吸収剤が吸収可能な最大NOX量（飽和量）に到達した後は流入する排気中のNOXをほとんど吸収できなくなる。上記特開昭62-106826号公報の装置では、NOX吸収剤が一定時間NOX吸収を行った時に、NOX吸収剤中に吸収されたNOX量が増大してNOX吸収剤の吸収能力が低下したと判断し、NOX吸収剤の再生操作を行うようにしている。

（なお、本明細書では、前述のNOX吸収剤からの吸収したNOXの放出と還元浄化との操作を「NOX吸収剤の再生操作」という。）



## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、NO<sub>x</sub> 吸収剤が吸収するNO<sub>x</sub> 量は常に一定ではなく、機関負荷、機関回転数（排気流量）、排気中のNO<sub>x</sub> 濃度、排気温度等の機関運転条件により大きく変化する。このため、上記公報の装置のように、再生操作を行う時間間隔を一定値に固定していると、機関の運転条件によっては再生操作が実行される前にNO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収量が飽和量に到達してしまい、排気中のNO<sub>x</sub> が吸収されずにNO<sub>x</sub> 吸収剤下流側に排出されるようになる問題が生じる。

【0005】また、NO<sub>x</sub> 吸収剤の飽和量は、使用によるNO<sub>x</sub> 吸収剤の劣化（例えば、後述する硫黄被毒等）により変化（低下）し、更に劣化の程度が同一であってもNO<sub>x</sub> 吸収剤の温度（排気温度）により変化する。このため、NO<sub>x</sub> 吸収剤中に吸収したNO<sub>x</sub> 量が同一であってもNO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力は劣化の程度や排気温度に応じて変化する。従って、上記特開昭62 106826号公報の装置のように再生操作を行う時間間隔を一定値に固定したのでは、NO<sub>x</sub> 吸収剤の劣化に応じた適切な再生を行うことができない問題がある。

【0006】この問題を解決するために、機関の運転条件や触媒の劣化程度（使用時間）等に応じてNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作実行間隔を変化させるようにして、例えばNO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収量が増大するような運転条件下では再生操作の間隔を短くしたり、あるいは、NO<sub>x</sub> 吸収剤の累積使用時間（劣化の程度）に応じてNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作の間隔を短くするようにすることも考えられる。

【0007】しかし、この場合も、NO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力を直接検出することはできないため、NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力に応じた適切な再生操作を行うことができない問題がある。例えば、上記特開昭62 106826号公報の装置では、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作時には、NO<sub>x</sub> 吸収剤への排気の流入を遮断して還元剤の供給を行っているが、遮断弁への異物噛込みなどによりNO<sub>x</sub> 吸収剤への排気の遮断が充分に行われなくなったような場合には、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生が不十分になったり、再生後のNO<sub>x</sub> 吸収剤が次にNO<sub>x</sub> 吸収を開始する前に排気中のNO<sub>x</sub> を吸収してしまうために、次にNO<sub>x</sub> の吸収を開始したときにある程度の量のNO<sub>x</sub> が吸収剤中に残存するようになる。このような場合には、NO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力は吸収開始時から低下しており、運転条件や劣化の程度に応じて再生操作実行間隔を変化させただけでは、十分な排気浄化を行うことは出来ない。

【0008】本発明は、上記問題に鑑み、NO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力に正確に対応した再生操作を行い、排気浄化能力を向上させることが可能な内燃機関の排気浄化装置を提供することを目的としている。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の本発明によれば、内燃機関の排気通路に配置された、流入する排気空燃比がリーンなときにNO<sub>x</sub> を吸収し、流入する排気の酸素濃度が低下したときに吸収したNO<sub>x</sub> を放出するNO<sub>x</sub> 吸収剤と、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤下流側の排気通路に配置され、排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を検出するNO<sub>x</sub> センサと、前記NO<sub>x</sub> センサの検出したNO<sub>x</sub> 吸収剤下流側での排気中のNO<sub>x</sub> 濃度に基づいて、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力の低下の有無を判定する判定手段と、前記吸収能力が低下したと判定されたときに、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NO<sub>x</sub> 吸収剤から吸収したNO<sub>x</sub> を放出させる再生手段、とを備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0010】また、請求項2に記載の本発明によれば、請求項1の発明において前記判定手段は、前記NO<sub>x</sub> センサの検出したNO<sub>x</sub> 吸収剤下流側での排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が所定値以上であり、かつ前記NO<sub>x</sub> 濃度の増加速度の変化率が負になったときにNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力が低下したと判定するようにした内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0011】一方、請求項3に記載の本発明によれば、内燃機関の排気通路に配置された、流入する排気空燃比がリーンなときにNO<sub>x</sub> を吸収し、流入する排気の酸素濃度が低下したときに吸収したNO<sub>x</sub> を放出するNO<sub>x</sub> 吸収剤と、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤上流側の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を検出する上流側NO<sub>x</sub> 濃度検出手段と、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤下流側の排気通路に配置され、排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を検出する下流側NO<sub>x</sub> センサと、前記上流側NO<sub>x</sub> 濃度検出手段により検出された前記NO<sub>x</sub> 吸収剤上流側での排気中のNO<sub>x</sub> 濃度と、前記下流側NO<sub>x</sub> センサにより検出された前記NO<sub>x</sub> 吸収剤下流側での排気中のNO<sub>x</sub> 濃度とに基づいて前記NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力の低下の有無を判定する判定手段と、前記吸収能力が低下したと判定されたときに、前記NO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NO<sub>x</sub> 吸収剤から吸収したNO<sub>x</sub> を放出させる再生手段、とを備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0012】また、請求項4に記載の本発明では、請求項3に記載の発明において、前記判定手段は、前記上流側でのNO<sub>x</sub> 濃度と前記下流側でのNO<sub>x</sub> 濃度との差が、所定値以下になったときにNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力が低下したと判定するようにした内燃機関の排気浄化装置が提供される。更に、請求項5に記載の本発明では、請求項3に記載の発明において、前記判定手段は、前記下流側でのNO<sub>x</sub> 濃度と前記上流側NO<sub>x</sub> 濃度との比が、所定値以上になったときにNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力が低下したと判定するようにした内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0013】また、請求項6に記載の本発明では、請求項3から5のいずれかに記載の発明において、前記上流側NOX濃度検出手段が、前記NOX吸収剤上流側の排気通路に配置されたNOXセンサからなる内燃機関の排気浄化装置が提供される。更に、請求項7に記載の本発明によれば、請求項3から5のいずれかに記載の発明において、前記上流側NOX濃度検出手段が、前記機関の運転状態を検出する手段と、検出された運転状態に基づいて、予め定められた関係から前記上流側でのNOX濃度を演算する手段とを備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0014】また、請求項8に記載の本発明によれば、内燃機関の排気通路に配置した、流入する排気の空燃比がリーンのときに排気中のNOXを吸収し、排気酸素濃度が低下したときに吸収したNOXを放出するNOX吸収剤と、前記NOX吸収剤の下流側の排気通路に配置され、排気中のNOX濃度を検出するNOXセンサと、所定時間間隔で前記NOX吸収剤に流入する排気の空燃比をリッチまたは理論空燃比にして、NOX吸収剤から吸収したNOXを放出させるNOX吸収剤の再生操作を行う再生手段と、前記NOXセンサにより検出された排気中のNOX濃度に基づいて、前記再生手段の前記NOX吸収剤再生操作実行間隔を補正する補正手段、とを備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。

#### 【0015】

【作用】以下、図1を用いて、本発明の作用を説明する。図1(A)は、NOX吸収剤のNOX吸収時間と下流側に流出する排気中のNOX濃度との関係の一例を示す図である。図1(A)において、縦軸はNOX濃度を、横軸はNOX吸収剤のNOX吸収時間をそれぞれ示し、また図1(A)にINで示すのはNOX吸収剤に流入する上流側排気中のNOX濃度、OUTで示すのはNOX吸収剤から流出する下流側排気中のNOX濃度を示している。図1(A)に示すようにNOX吸収剤がNOX吸収開始した後、NOX吸収量が少ない間は流入排気中のNOXのほとんどがNOX吸収剤に吸収され、NOX吸収剤下流側排気中のNOX濃度(OUT)は上流側排気中のNOX濃度(IN)に較べて低いレベルに維持される。しかし、NOX吸収剤の吸収時間が増大するにつれてNOX吸収量の増加によりNOX吸収剤の吸収能力が低下するため、下流に流出する排気中のNOX濃度は増大し、NOX吸収剤の吸収量が飽和に近づくと流入する排気中のNOXはほとんど吸収されなくなり、下流側排気中のNOX濃度(OUT)が上流側排気中のNOX濃度(IN)とほとんど同じレベルになってしまう。前述の特開昭62 106826号公報の装置では、これを防止するために、NOX吸収剤のNOX吸収時間(再生操作実行間隔)を図1(A)にT1で示す一定の時間に設定して下流側排気中のNOX成分濃度が増大する前に再生操作を行っている。

【0016】図1(B)は何らかの原因でNOX吸収剤の飽和量が低下した場合を示す図1(A)と同様な図である。図1(B)では、NOX吸収剤の飽和量が低下しているため、少ないNOX吸収量でNOX吸収剤の吸収能力が低下するようになる。このため、図1(A)に較べて吸収開始後短時間で下流側の排気中のNOX濃度(OUT)が増大するようになり、再生操作実行間隔を図1(A)と同じT1に固定していたのでは、再生操作を行う前にNOX吸収剤下流側の排気中のNOX成分濃度が大幅に増大して、排気性状が悪化してしまう。

【0017】本発明の請求項1に記載の発明では、NOX吸収剤の下流側に配置したNOXセンサによりNOX吸収剤下流側の排気中のNOX濃度を検出し、判定手段はこの下流側NOX濃度に基づいてNOX吸収剤の吸収能力が低下したか否かを判定する。また、再生手段は上記によりNOX吸収能力が低下したと判断されたときに、NOX吸収剤に流入する排気空燃比をリッチまたは理論空燃比にしてNOX吸収剤の再生を行う。これにより、NOX吸収剤の飽和量の変化にかかわらずNOX吸収剤のNOX吸収量が飽和量に到達する前にNOX吸収剤の再生が行われ、NOX吸収剤の吸収能力が回復するためNOX吸収剤の状態の変化により排気性状が悪化することがない。

【0018】また、上記の吸収能力の低下の有無の判定は、例えば、請求項2に記載した方法で行われる。すなわち、図1(A)(B)に示したように、吸収開始後の下流側排気中のNOX濃度は、吸収開始直後は緩やかに上昇し、その後次第に急に上昇するようになって、NOX吸収量が飽和量に近づくとき再び次第に緩やかになって上流側排気中のNOX濃度(図1(A)(B)IN)に漸近する。このため、下流側排気中のNOX濃度の増加速度

(図1(A)(B)のOUTで示したカーブの傾き)は、吸収開始後次第に増加し、ある時間が経過すると再び減少するようになる。すなわち、吸収開始後の下流側NOX濃度の上昇曲線には増加率が正から負に変わる変曲点

(図1(A)のA点、図1(B)のA'点)が存在する。また、この変曲点はNOX吸収剤の飽和量の変化(図1(A)(B))にかかわらずNOX吸収剤の吸収量が飽和量に到達する前に現れる。請求項2に記載の発明では、下流側NOX濃度が上記の変曲点に到達したときにNOX吸収剤の吸収能力が低下したと判定して再生を行うことにより、NOX吸収剤の飽和量の変化にかかわらず、NOX吸収剤のNOX吸収量が飽和量に到達する前にNOX吸収剤の吸収能力を回復させるようにしている。

【0019】一方、NOX吸収剤下流側NOX濃度は、NOX吸収剤の吸収能力が一定であっても、NOX吸収剤に流入する排気中のNOX濃度(NOX吸収剤上流側の排気中のNOX濃度)が変動すると、それに応じて変動する。このため、下流側NOX濃度のみに基づいてNOX吸収剤の吸収能力を判定していると、上流側の排気

中のNOX 濃度が大幅に変動したような場合にはNOX 吸収剤の吸収能力の低下を正確に判定できない場合が生じる。

【0020】請求項3に記載の発明では、上流側NOX 濃度検出手段によりNOX 吸収剤に流入する排気中のNOX 濃度を検出し、上流側NOX 濃度と下流側NOX 濃度との両方に基づいてNOX 吸収剤の吸収能力を判定することにより、更に正確にNOX 吸収剤の吸収能力の低下を判定している。すなわち、NOX 吸収剤の吸収能力は流入する排気中のNOX のうち、どれだけのNOX を吸収することができるかによって表すことができるため、上流側NOX 濃度と下流側NOX 濃度とを用いることにより正確に吸収能力の判定を行うことができる。

【0021】例えば、上流側NOX 濃度と下流側NOX 濃度との差は、すなわちNOX 吸収剤に吸収されたNOX 量を表し、NOX 吸収剤の吸収能力が低下すると、それに応じて小さくなる。そこで、請求項4に記載の発明ではNOX 吸収剤の上流側NOX 濃度と下流側NOX 濃度との差が所定値以下になったときにNOX 吸収剤の吸収能力が低下したと判定している。

【0022】また、下流側NOX 濃度と上流側NOX 濃度との比はNOX 吸収剤に流入するNOX のうちNOX 吸収剤に吸収されずにNOX 吸収剤を通過するNOX の割合を表し、NOX 吸収剤の吸収能力が低下すると、それに応じて増大する。そこで請求項5に記載の発明ではNOX 吸収剤の下流側NOX 濃度と上流側NOX 濃度との比が所定値以上になったときにNOX 吸収剤の吸収能力が低下したと判定している。

【0023】また、請求項6に記載の発明では、上流側NOX 濃度検出手段としてNOX 吸収剤上流側排気通路にNOX センサを設け、直接上流側NOX 濃度を検出しているが、NOX 吸収剤上流側排気中のNOX 濃度は、すなわち機関から排出される排気のNOX 濃度であるため機関の回転数、負荷等の機関運転条件に依存する。このため、請求項7に記載の発明では、予め実測などにより機関の各運転条件における排気中のNOX 濃度を求めておき、上流側NOX 濃度検出手段は、機関の運転条件から間接的に上流側NOX 濃度を検出するようにしている。

【0024】また、上記の各請求項に記載の発明では、NOX 吸収剤の吸収能力が低下したと判定される毎にNOX 吸収剤の再生を行うようにしているが、劣化等によるNOX 吸収剤の飽和量の低下は使用とともに徐々に進行する場合が多い。そこで、請求項8に記載の発明では、再生手段は所定の時間間隔でNOX 吸収剤の再生操作を行うようにして、補正手段により下流側NOX 濃度に基づいて上記時間間隔を補正するようにしている。これにより、NOX 吸収剤の再生の時間間隔はNOX 吸収剤の飽和量の低下に合わせて調整されるようになり、前述の各請求項に記載の発明と同様にNOX 吸収剤の飽和

により排気性状が悪化することが防止される。

【0025】

【実施例】以下添付図面を用いて本発明の実施例について説明する。図2、図3はそれぞれ本発明の排気浄化装置の実施例を示す内燃機関の全体図である。ここで、図2は本発明を、排気通路にNOX 吸収剤を1つ配置して排気の浄化を行う排気浄化装置に適用した場合を、図3は本発明を、排気通路にNOX 吸収剤を並列に2つ配置して交互に再生を行う排気浄化装置に適用した場合の構成をそれぞれ示している。なお、図2、図3において同一の機能を有する要素は同一の参照符号で示している。

【0026】以下、それぞれの実施例について説明する。図2において1はリーン空燃比の燃焼を行うことのできるガソリンエンジン等の内燃機関、3は機関1の燃焼室、6は機関の吸気ポート、8は排気ポートを示す。各吸気ポート6は吸気枝管9を介してサージタンク10に接続されるとともに、各枝管9にはそれぞれの吸気ポート6に燃料を噴射する燃料噴射弁11が配置されている。

【0027】また、サージタンク10は吸気通路12を介してエアクリーナ13に接続され、吸気通路12内には運転者のアクセルペダル（図示せず）の操作に応じた開度をとるスロットル弁14が配置されている。また、サージタンク10にはサージタンク10内の絶対圧力に比例した出力電圧を発生する吸気圧センサ15が設けられている。

【0028】一方、機関1の排気ポート8は排気マニホールド16を介して排気通路17に接続されており、排気通路17には後述するNOX 吸収剤18を内蔵したケーシング19が接続されている。また、図2に20で示すのは、NOX 吸収剤18の下流側の排気通路に設けられた、排気中のNOX 濃度を検出するNOX センサである。

【0029】排気中のNOX 成分濃度を検出するNOX センサとしては種々のタイプがあるが、本実施例では、排気中のNOX 成分濃度をリアルタイムで検出しNOX 成分濃度に応じた電気信号を発生することが可能なタイプのNOX センサであれば使用することができる。この種のNOX センサとしては、例えばチタニア（酸化チタン）を主成分とするN型酸化物半導体セラミックスを検出素子として用いたセンサがある。この半導体型センサは、排気中のNOX（NOまたはNO<sub>2</sub>）がセンサ表面に吸着される際に素子セラミックス中の電子を捕捉することにより生じる電気抵抗値の変化から排気中のNOX 濃度を検出するタイプのものである図2に30で示すのは、機関1の電子制御回路である。電子制御回路30はROM（リードオンリメモリ）32、RAM（ランダムアクセスメモリ）33、CPU（マイクロプロセッサ）34、入力ポート35、出力ポート36をそれぞれ双方向性バス31で接続した、公知の構成のデジタルコン

ピュータからなり、機関 1 の燃料噴射量制御、点火時期制御等の機関の基本制御を行うほか、本実施例では NOX 吸収剤 18 の吸収能力の低下を判定する判定手段、NOX 吸収剤の再生を行う再生手段、NOX 吸収剤の再生操作の時間間隔を補正する補正手段等の請求項に記載した各手段としての役割を果たしている。

【0030】上記目的のため、制御回路 30 の入力ポート 35 には、吸気圧センサ 15 からの吸気圧力に応じた電圧信号と、NOX センサ 20 から NOX 吸収剤下流側排気中の NOX 濃度を表す電圧信号がそれぞれ AD 変換器 37 を介して入力されている他、機関のディストリビュータ（図示せず）に設けられた機関回転数センサ 21 から機関回転数を表すパルス信号が入力されている。

【0031】また、制御回路 30 の出力ポート 36 は、それぞれ対応する駆動回路 38 を介して燃料噴射弁 11 と点火プラグ 4 とに接続され、燃料噴射弁 11 からの燃料噴射と機関の点火時期とを制御している。次に、図 3 の実施例の構成について説明する。図 3 において 1 は、例えばディーゼルエンジン等のリーン空燃比運転を行う内燃機関である。本実施例では、図 2 の実施例とは異なり、内燃機関 1 の排気通路 17 には 2 つの分岐通路 17 a、17 b が設けられており、通路 17 a、17 b には、図 2 の実施例と同様な NOX 吸収剤、それぞれ 18 a、18 b を内蔵したケーシング 19 a、19 b が接続されている。

【0032】また、排気通路 17 の通路 17 a、17 b の分岐部には排気切り換え弁 22 が設けられ、排気通路 17 a、17 b の任意の一方を所定の開度に閉鎖して排気通路 17 a、17 b に排気を分配するようになっている。例えば排気切り換え弁 22 が図 3 に実線で示した位置に切り換えられると、排気の大部分は分岐通路 17 b 側に流入し、分岐通路 17 a 側に流入する排気流量が低減される。また、排気切り換え弁 22 が図 3 に点線で示した位置に切り換えられると、排気の大部分は分岐通路 17 a 側に流入し、分岐通路 17 b 側に流入する排気流量が低減される。図に 22 a で示すのは、後述するエンジン制御回路 30 からの制御信号により、切り換え弁 22 を駆動して所定の切り換え位置をとらせるための負圧アクチュエータ等、適宜な形式のアクチュエータである。

【0033】更に、分岐通路 17 a、17 b の NOX 吸収剤 18 a、18 b 上流側には還元剤供給ノズル、それぞれ 42 a、42 b が接続されている。還元剤供給ノズル 42 a、42 b は、制御回路 30 からの制御信号に応じて上記排気流量が低減された側の NOX 吸収剤 18 a または 18 b に還元剤を供給して NOX 吸収剤の再生を行うものである。

【0034】また、本実施例では分岐通路 17 a、17 b は NOX 吸収剤 18 a、18 b 下流側で再び合流しており、この合流部下流の排気通路には、図 2 と同様に排気中の NOX 成分の濃度を検出する NOX センサ 20 が

設けられている。図に 30 で示すのは図 2 と同様の構成の機関 1 の制御回路である。制御回路 30 は、本実施例においても機関の燃料噴射量制御等の基本制御を行っている他、NOX 吸収剤 18 a、18 b の吸収能力の低下を判定する判定手段、排気切り換え弁 22 の切り換え位置制御を行うとともに、還元剤供給装置 41 からの NOX 吸収剤 18 a、18 b への還元剤供給制御を行う再生手段及び、NOX センサ 20 の出力に応じて排気切り換え弁 22 の切り換え時間を制御する補正手段としての機能を果たしている。

【0035】この制御のため、制御回路 30 の入力ポートには、機関回転数やアクセル開度などの機関制御用の信号がそれぞれ回転数センサ 21、アクセル開度センサ 55 から入力されている他、NOX センサ 20 からの排気 NOX 濃度信号が入力されている。また、本実施例では、制御回路 30 の出力ポートは、各気筒の燃焼室に燃料を噴射する図示しない燃料噴射弁、燃料噴射ポンプ等の燃料系に駆動回路を介して接続され、各気筒への燃料噴射量を制御している他、排気切り換え弁 22 のアクチュエータ 22 a および還元剤供給装置 41 の制御弁 44 a、44 b に駆動回路 38、図示しない負圧制御弁等を介して接続され、これらの作動を制御している。

【0036】還元剤供給装置 41 は還元剤容器、加圧ポンプ等から構成される還元剤供給源 43 と、還元剤供給源 43 から還元剤供給ノズル 42 a、42 b に供給される還元剤供給量の流量を調節する制御弁 44 a、44 b 及び、ノズル 42 a、42 b と制御弁 14 a、14 b との間に配置された排気逆流防止用の逆止弁 45 a、45 b とを備えている。制御弁 44 a、44 b は、後述する NOX 吸収剤 18 a、18 b の再生操作時、制御回路 30 の制御信号に応じて所定の開度を取り、開度に応じた量の還元剤を NOX 吸収剤 18 a、18 b に供給するものである。

【0037】NOX 吸収剤 18 a、18 b の NOX 放出、還元操作（再生操作）に使用する還元剤としては、排気中で炭化水素、一酸化炭素等の成分を発生するものであれば良く、水素、一酸化炭素等の気体、プロパン、プロピレン、ブタン等の液体又は気体の炭化水素、ガソリン、軽油、灯油等の液体燃料等が使用できる。本発明による実施例では、内燃機関 1 としてディーゼルエンジンを用いた場合には、機関燃料の軽油を還元剤として使用でき、還元剤供給源 43 として機関の燃料タンク、燃料ポンプ等を使用することができる。

【0038】次に、図 2、図 3 の NOX 吸収剤 18（18 a、18 b）について説明する。図 2、図 3 においてケーシング 19（19 a、19 b）に内蔵された NOX 吸収剤 18（18 a、18 b）は、例えばアルミナ等の担体を使用し、この担体上に例えばカリウム K、ナトリウム Na、リチウム Li、セシウム Cs のようなアルカリ金属、バリウム Ba、カルシウム Ca のようなアルカ

リ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つと、白金Ptのような貴金属とが担持された構成とされる。このNOX吸収剤18は流入する排気空燃比がリーンの場合にはNOXを吸収し、酸素濃度が低下するとNOXを放出するNOXの吸放出作用を行う。

【0039】なお、上述の排気空燃比とは、ここではNOX吸収剤の上流側の排気通路や機関燃焼室、吸気通路等にそれぞれ供給された空気量の合計と燃料、還元剤の合計との比を意味するものとする。従って、NOX吸収剤の上流側排気通路に燃料、還元剤または空気が供給されない場合には、排気空燃比は機関の空燃比（機関燃焼室内の燃焼における空燃比）と等しくなる。

【0040】本実施例ではリーン空燃比の燃焼を行う機関が使用されているため、通常運転時の排気空燃比はリーンであり、NOX吸収剤は排気中のNOXの吸収を行う。また、機関の空燃比がリーン空燃比からリッチ又は理論空燃比に切り換えられ（図2の場合）、またはNOX吸収剤上流側排気通路に還元剤が供給され（図3の場合）、排気中の酸素濃度が低下するとNOX吸収剤は吸収したNOXの放出を行う。

【0041】この吸放出作用の詳細なメカニズムについては明かでない部分もある。しかし、この吸放出作用は図4に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについて担体上に白金PtおよびバリウムBaを担持させた場合を例にとりて説明するが、他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

【0042】すなわち、流入排気はかなりリーンになると流入排気中の酸素濃度が大幅に増大し、図4(A)に示されるようにこれら酸素O<sub>2</sub>がO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sup>2-</sup>の形で白金Ptの表面に付着する。一方、機関からはNOXは大部分がNOの形で排出されるが、NOX吸収剤に流入する排気中のNOは白金Ptの表面上でこのO<sup>2-</sup>またはO<sup>2-</sup>と反応し、NO<sub>2</sub>となる（2NO+O<sub>2</sub>→2NO<sub>2</sub>）。次いで生成されたNO<sub>2</sub>の一部は白金Pt上で酸化されつつ吸収剤内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら、図4(A)に示されるように硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の形で吸収剤内に拡散する。このようにしてNOXがNOX吸収剤内に吸収される。

【0043】従って、流入排気中の酸素濃度が高い限り白金Ptの表面でNO<sub>2</sub>が生成され、吸収剤のNOX吸収能力が飽和しない限りNO<sub>2</sub>が吸収剤内に吸収されて硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が生成される。これに対してNOX吸収剤に流入する排気空燃比がリッチまたは理論空燃比になると流入排気中の酸素濃度が低下してNO<sub>2</sub>の生成量が減少する。これにより反応は逆方向（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→NO<sub>2</sub>）に進み、吸収剤内の硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>がNO<sub>2</sub>の形で吸収剤から放出される。

【0044】一方、流入排気中に未燃HC、CO等の成

分が存在すると、これらの成分は白金Pt上の酸素O<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sup>2-</sup>と反応して酸化され、白金Pt上の酸素を消費する。また、NOX吸収剤から放出されたNO<sub>2</sub>は図4(B)に示すようにHC、COと反応して還元される。このようにして白金Ptの表面上にNO<sub>2</sub>が存在しなくなると吸収剤から次から次へとNO<sub>2</sub>が放出される。

【0045】すなわち、流入排気中のHC、COは、まず白金Pt上のO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sup>2-</sup>とただちに反応して酸化され、次いで白金Pt上のO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sup>2-</sup>が消費されてもまだHC、COが残っていればこのHC、COによって吸収剤から放出されたNOX、および排気とともに流入するNOXが還元される。図2の実施例では、制御回路30は、通常は燃料噴射量を制御して通常はリーン空燃比の運転を行い、リーン空燃比運転が一定期間継続してNOX吸収剤18のNOX吸収量が増大したときに燃料噴射量を増量して、短時間機関空燃比をリッチ空燃比に切り換えてNOX吸収剤の再生を行う。すなわち、機関空燃比がリッチまたは理論空燃比に切り換えられると、排気中の酸素濃度が大幅に低下し、同時に排気中の未燃HC、CO成分が増加する。これにより上述したようにNOX吸収剤18から吸収したNOXが放出されるとともに、放出されたNOX及び機関から排出されたNOXが未燃HC、COにより還元浄化される。

【0046】また、図3の実施例では、制御回路30は排気切換弁22の操作により交互にNOX吸収剤18aと18bのNOX吸収と放出とを行う。すなわち、図3の実施例では、排気切換弁22の操作により一方のNOX吸収剤（例えば18a）に大部分の排気を流してNOXを吸収させる。また、所定時間NOX吸収を行ってNOX吸収剤18aのNOX吸収量が増大してくると、排気切換弁22を切り換えて他方のNOX吸収剤18bに排気を流しNOX吸収剤18aの再生を行う。すなわち、NOX吸収剤18aに流入する排気流量を低減するとともに、還元剤供給ノズル42aからNOX吸収剤18aに所定量の還元剤を供給する。還元剤の供給によりNOX吸収剤18aに流入する排気空燃比がリッチまたは理論空燃比になり、NOX吸収剤18a上での還元剤の酸化により排気中の酸素が消費されると、酸素濃度の低下によりNOX吸収剤18aから吸収したNOXが放出され、排気中の還元剤により放出されたNOXが還元浄化される。また、切換え後所定時間が経過してNOX吸収剤18bのNOX吸収量が増大してくると、再度排気切換弁22の切換えを行い、NOX吸収剤18a側に排気を流してNOX吸収剤18aによるNOX吸収を再開するとともにNOX吸収剤18bの再生を行う。

【0047】上述のように、図2、図3の実施例ではNOX吸収剤による排気中のNOXの吸収とNOX吸収剤の再生とを交互に繰り返すことにより排気の浄化を行っ

ているが、NOX 吸収剤の劣化などによりNOX 吸収剤の吸収可能な最大NOX 量が低下してくると、再生後NOX 吸収剤の吸収能力が低下するまでの時間が次第に短くなるため、前述のような問題が生じる。

【0048】NOX 吸収剤の飽和量の低下は、吸収剤BaOの熱劣化等の他、硫黄被毒などにより生じる。例えば、機関の排気中には、燃料や潤滑油中に含まれる微量の硫黄分の燃焼により生じる微量の硫黄酸化物(SOX)が含まれるが、排気中のSOXは上述のNOXの吸収と同じメカニズムでNOX 吸収剤に吸収されるため、NOX 吸収剤に吸収されたSOXによりNOX 吸収剤の硫黄被毒が生じる場合がある。すなわち、排気空燃比がリーンのとき排気中のSOX(例えばSO<sub>2</sub>)は白金Pt上で酸化されてSO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>となり、酸化バリウムBaOと結合してBaSO<sub>4</sub>を形成する。ところが、BaSO<sub>4</sub>は比較的安定であり、また、結晶が粗大化しやすいため一旦生成されると分解放出されにくい。このため、吸収されたSOXは通常のNOX 吸収剤の再生操作では放出されずにNOX 吸収剤内に蓄積される傾向がある。このようにNOX 吸収剤中のBaSO<sub>4</sub>の生成量が増大するとNOXの吸収に関与できるBaOの量が減少してしまい、吸収可能な最大NOX 量(飽和量)が低下してしまう、いわゆる硫黄被毒(またはSOX被毒)が生じるのである。また、NOX 吸収剤を長時間使用して高温により吸収剤BaO自体が劣化したような場合にも上記の硫黄被毒と同様に飽和量が低下する場合がある。

【0049】更に、図3の実施例の構成では、例えば排気切換弁22に排気中のカーボン粒子等が堆積したため、切換弁22が所定開度まで閉弁しなくなったような場合にもNOX 吸収剤の飽和量の低下が生じる。すなわち、切換弁22が所定開度まで閉弁せず再生中のNOX 吸収剤に流入する排気の流量が増加すると、NOX 吸収剤に供給された還元剤が多量の排気で希釈されてしまい、NOX 吸収剤中のNOXが十分に放出されず、再生後のNOX 吸収剤中のNOX 残存量が増大してしまうからである。

【0050】また、単位時間当たりにNOX 吸収剤に吸収されるNOX 量は常に一定ではなく、機関負荷、機関回転数(排気流量)、排気中のNOX 濃度、排気温度等の機関運転条件により大きく変化する。このため、NOX 吸収剤の吸収能力はNOX 吸収剤の劣化程度ばかりでなく機関運転条件などにより変化するから、前述の特開昭62 106826号公報の装置のように再生操作を行う時間間隔を一定値に固定したのでは、NOX 吸収剤の劣化に応じた適切な再生を行うことができない問題がある。

【0051】本発明による実施例では、NOX 吸収剤18(18a、18b)の下流側に配置したNOX センサ20により、NOX 吸収剤を下流側排気中のNOX 濃度

を検出することによりNOX 吸収剤18(18a、18b)の吸収能力の変化を監視し、吸収能力が低下したときに再生操作を実行することにより、適切な再生操作の時期を設定して上記の事態を防止している。

【0052】以下、上記実施例のNOX 吸収剤再生時期の設定操作について説明する。なお、以下の設定操作は図2、図3両方の構成に適用される。図5は制御回路30により一定時間毎に実行されるNOX 吸収剤再生時期設定ルーチンのフローチャートの一例を示す。前述のように、NOX 吸収剤の吸収能力が低下すると、再生終了後下流側排気のNOX 濃度が増大するようになる。また、図1に示したようにNOX 吸収剤の劣化等による飽和量の低下が生じるとNOX 吸収剤の吸収能力の低下は再生後短時間で生じるようになる。図5の実施例では、再生終了後のNOX 吸収剤下流側排気のNOX 濃度上昇カーブを監視して、上昇カーブに変曲点(図1(A)(B)におけるA、A'点)が検出されたときに、NOX 吸収剤の吸収能力が低下したと判定してNOX 吸収剤の再生を行う。これにより、NOX 吸収剤の劣化や機関運転状態の変化等にかかわらずNOX 吸収剤のNOX 吸収量が飽和量に到達する前に再生操作を行うことが可能となる。

【0053】図5においてルーチンがスタートすると、ステップ501ではNOX 吸収剤18(18a、18b)下流側のNOX センサ20からNOX 吸収剤下流側排気のNOX 濃度NRが読み込まれ、ステップ503では前回ルーチン実行時のNOX濃度NRi-1を用いて、NOX 濃度の増加速度DNRが、 $DNR = NR - NR_{i-1}$ として計算される。

【0054】また、ステップ505では、ステップ503で算出した増加速度DNRと、前回ルーチン実行時の増加速度DNRi-1を用いて、NOX 濃度増加速度の変化率D2NRが、 $D2NR = DNR - DNR_{i-1}$ として計算され、ステップ507では、次のルーチン実行に備えてNRi-1とDNRi-1の値が更新される。次いで、ステップ511、513では、読み込んだ下流側NOX 濃度NRと、上記により計算した増加速度の変化率D2NRとの値からNOX 吸収剤18(18a、18b)の吸収能力が低下したか否かが判定される。すなわち、下流側NOX 濃度NRが所定値NI以上(ステップ511)であり、かつNOXの増加速度の変化率D2NRがゼロまたは負(ステップ513)であった場合には、NOX 吸収剤18(18a、18b)のNOX 吸収能力が低下しており、再生操作が必要と判定して、ステップ515に進み再生フラグFRをセット(=1)してルーチンを終了する。また、ステップ511、513の条件のいずれかが成立しない場合には再生フラグFRの値は変更せずにそのままルーチンを終了する。

【0055】ステップ513で再生フラグFRがセット(=1)されると、別途制御回路30により実行される



図示しないルーチンにより、前述のように、機関燃料噴射量の増量による機関空燃比のリッチ化（図 2 の場合）または、切換弁 2 2 の切換と還元剤供給装置 4 1 からの還元剤供給（図 3 の場合）による NOX 吸収剤の再生操作が行われる。また、所定時間再生操作が実行され、NOX 吸収剤の再生が終了すると、燃料噴射量は通常のリーン空燃比相当値に戻され（図 2 の場合）、または還元剤の供給が停止され（図 3 の場合）、さらに再生フラグ FR はリセット（= 0）される。なお、本実施例で下流側 NOX 濃度の増加カーブが変曲点に達したこと（ステップ 5 1 3）のみならず、下流側 NOX 濃度が所定値以上になったこと（ステップ 5 1 1）を再生操作実行の要件としている。これは、例えば機関運転状態の変化などにより、NOX 吸収剤に流入する排気 NOX 濃度が急激に減少したような場合には、下流側 NOX 濃度もそれに応じて減少するため、NOX 吸収剤の吸収能力が低下していなくても下流側 NOX 濃度の増加曲線に変曲点を生じる場合があるため、このような場合に NOX 吸収剤の再生が実行されてしまうことを防止するためである。

【0056】このように、本実施例では、NOX 吸収剤下流側排気中の NOX 濃度を検出し、NOX 濃度変化を監視することにより NOX 吸収剤の劣化（飽和量の変化）や機関の運転状態の変化があっても、NOX 吸収剤が吸収した NOX で飽和する前に余裕を持って再生操作を行うことが可能となり、NOX 吸収剤の吸収能力の低下による排気性状の悪化を有効に防止することが可能となる。

【0057】ところで、上記実施例では、NOX 吸収剤下流側 NOX 濃度変化のみに基づいて NOX 吸収剤の吸収能力の低下の有無を検出していたが、NOX 吸収剤下流側の NOX 濃度は、NOX 吸収剤の劣化の状態が同じであっても、NOX 吸収剤に流入する排気の NOX 濃度が変化すれば、それに応じて変動する。すなわち、機関運転条件の変化などにより、NOX 吸収剤に流入する排気の NOX 濃度が増減すれば下流側の NOX 濃度もそれに応じて増減することになる。このため、下流側の NOX 濃度のみに基づいて NOX 吸収剤の吸収能力を判定していると、機関運転条件の変化などによっては NOX 吸収剤の吸収能力を正確に判定できない場合が生じるおそれがある。

【0058】そこで、図 6、図 7 に説明する実施例では、図 2、図 3 に点線で示したように、NOX 吸収剤 1 8（18 a、18 b）上流側の排気通路に、下流側 NOX センサ 2 0 と同様な NOX センサ 2 5 を設けて、下流側 NOX 濃度に加えて NOX 吸収剤上流側 NOX 濃度も検出し、これらの NOX 濃度の相互関係の変化にもとづいて NOX 吸収剤の吸収能力の低下を判定している。

【0059】図 6 のルーチンでは、NOX 吸収剤 1 8（18 a、18 b）上流側 NOX 濃度と下流側 NOX 濃度との差に基づいて NOX 吸収剤吸収能力の低下を判定

する。NOX 吸収剤の上流側 NOX 濃度と下流側 NOX 濃度との差は、すなわち NOX 吸収剤に実際に吸収された NOX 量を表すため NOX 吸収剤上流側と下流側の NOX 濃度差を監視することにより、上流側の NOX 濃度の変動にかかわらず NOX 吸収剤の吸収能力の低下を検出することができる。

【0060】図 6 においてルーチンがスタートすると、ステップ 6 0 1 では、下流側 NOX センサ 2 0 から、NOX 吸収剤下流側排気中の NOX 濃度 NRD が読み込まれ、ステップ 6 0 3 では上流側 NOX センサ 2 5 から NOX 吸収剤上流側排気中の NOX 濃度 NRU が読み込まれる。次いで、ステップ 6 0 5 では上記により読み込んだ NRD と NRU との差  $\Delta NR$  が計算される。

【0061】また、ステップ 6 0 7 では上記により計算した濃度差  $\Delta NR$  が所定値  $\Delta NR1$  以下か否かが判定される。 $\Delta NR \leq \Delta NR1$  である場合、すなわち下流側 NOX 濃度が上流側 NOX 濃度に近づいている場合は、NOX 吸収剤の吸収能力が低下しており、再生操作が必要と判断されるため、ステップ 6 0 9 に進み再生フラグ FR をセット（= 1）してルーチンを終了する。また、ステップ 6 0 7 で  $\Delta NR > \Delta NR1$  である場合には、NOX 吸収剤が流入する排気中の NOX の大部分を吸収しており、NOX 吸収剤の吸収能力が低下していないと判定されるため、再生フラグ FR のセットは行わず、そのままルーチンを終了する。

【0062】なお、上記所定値  $\Delta NR1$  は NOX 吸収剤の種類、サイズ等により異なり、実験等により決定することが好ましい。また、図 6 において、再生フラグ FR がセット（= 1）されると、別途制御回路 3 0 により実行される図示しないルーチンにより、NOX 吸収剤 1 8（18 a、18 b）の再生操作が実行されるのは、図 5 の実施例と同様である。

【0063】ところで、上記実施例では、上流側 NOX 濃度と下流側 NOX 濃度との差  $\Delta NR$  を監視することにより、NOX 吸収剤の吸収能力を判定しているが、濃度の差  $\Delta NR$  以外のパラメータを用いて NOX 吸収剤の吸収能力を判定することも可能である。例えば、下流側 NOX 濃度 NRD と上流側 NOX 濃度 NRU との比  $RNR = NRD / NRU$  により NOX 吸収剤の吸収能力を判定することもできる。すなわち、上記濃度比 RNR は、流入する排気中の NOX のうち吸収されずに下流側に流出する NOX の割合を表すため、濃度比 RNR が増大した場合は NOX 吸収剤の吸収能力が低下したことを意味している。そこで、濃度の差  $\Delta NR$  が所定値以下になったことを検出する代わりに上記濃度比 RNR が所定値  $RNR1$ （例えば  $RNR1 = 0.8$  程度）より大きくなったことを検出して NOX 吸収剤の吸収能力の低下を判定することもできる。

【0064】図 7 は濃度比 RNR による NOX 吸収剤劣化判定ルーチンのフローチャートを示す。本ルーチン

も、図 5、図 6 のルーチンと同様制御回路 30 により一定時間毎に実行される。図 7 においてルーチンがスタートすると、ステップ 701 では、下流側 NOX センサ 20 から下流側 NOX 濃度 NRD が、ステップ 703 では上流側 NOX センサ 25 から上流側排気中の NOX 濃度 NRU がそれぞれ読み込まれる。次いで、ステップ 705 では上記により読み込んだ NRD と NRU との比 RNR が、 $RNR = NRD / NRU$  として計算される。

【0065】また、ステップ 707 では上記により計算した濃度の比 RNR が所定値 RNR1 以上（例えば、 $RNR1 = 0.8$  程度）か否かが判定される。 $RNR \geq RNR1$  である場合、すなわち下流側 NOX 濃度が上流側 NOX 濃度に近づいている場合は、NOX 吸収剤 18（18a、18b）に吸収されずに NOX 吸収剤下流側に通過する NOX の量が増大しており、NOX 吸収剤の吸収能力が低下していると考えられるため、ステップ 709 に進み再生フラグ FR をセット（=1）してルーチンを終了する。また、ステップ 707 で  $RNR < RNR1$  である場合には、NOX 吸収剤が流入する排気中の NOX の大部分を吸収しており、NOX 吸収剤の吸収能力が低下していないと判定されるため、再生フラグ FR のセットは行わず、そのままルーチンを終了する。

【0066】再生フラグ FR がセット（=1）されると、別途制御回路 30 により実行される図示しないルーチンにより、NOX 吸収剤 18（18a、18b）の再生操作が実行されるのは、図 5、図 6 の実施例と同様である。図 6、図 7 の実施例によれば、下流側 NOX 濃度に加えて、上流側 NOX 濃度を検出し、両方の NOX 濃度の相互関係に基づいて NOX 吸収剤の吸収能力を判定するようにしたことにより、運転条件の変化等により、NOX 吸収剤に流入する排気中の NOX 量が大幅に変動したような場合にも正確に NOX 吸収剤の吸収能力を判定することが可能となる。

【0067】なお、図 6 から図 7 の実施例では NOX 吸収剤 18（18a、18b）の上流側排気通路に設置した上流側 NOX センサ 25（図 2、図 3）により、NOX 吸収剤 18（18a、18b）の上流側排気中の NOX 濃度を直接検出していたが、NOX 吸収剤の上流側 NOX 濃度は、すなわち機関から排出される排気ガス中の NOX 濃度である。また、機関から排出される排気ガスの NOX 濃度は機関負荷と吸入空気量などの機関運転条件により決定される。そこで、上記のように NOX 吸収剤上流側に NOX センサ 25 を設ける代わりに機関運転条件から NOX 吸収剤上流側の NOX 濃度を算出することも可能である。

【0068】この場合、予め機関吸気圧力 PM（図 2 の場合）またはアクセル開度 ACC（図 3 の場合）と回転数 N（すなわち吸入空気量）とを変えた条件下で機関の排気中の NOX 濃度 RNU を実測して、吸気圧力 PM（またはスロットル開度 ACC）と回転数 N との関数と

して、NOX 濃度 RNU を図 8 (A)（または図 8 (B)）に示すような形式の数値テーブルの形で制御回路 30 の ROM 32 に格納しておく。また、図 6 ステップ 603 と図 7 ステップ 703 では、NOX センサ 25 から NOX 吸収剤 18（18a、18b）上流側 NOX 濃度を読み込む代わりに、図 2 の吸気圧センサ 15 から読み込んだ機関吸気圧力 PM（または図 3 のアクセル開度センサ 55 から読み込んだアクセル開度 ACC）と回転数センサ 21 から読み込んだ機関回転数 N とを用いて、ROM 32 に格納した図 8 (A)（または図 8 (B)）の数値テーブルから上流側 NOX 濃度 RNU を読み出すようにすれば良い。

【0069】このように、機関運転条件から NOX 吸収剤上流側の NOX 濃度を算出するようにすることにより、NOX 吸収剤上流側の NOX センサ 25 を省略して装置を簡素化し装置コストを低減することができる。次に、図 9 から図 11 を用いて本発明の別の実施例について説明する。上記の各実施例では NOX 吸収剤下流側 NOX 濃度の変化により NOX 吸収剤の吸収能力を判定し、吸収能力が所定の値より低くなったときに NOX 吸収剤の再生操作を実行するようにしていた。これに対して、本実施例では NOX 吸収剤の再生操作は所定間隔毎に実行することとして、この再生操作の間隔を下流側排気の NOX 濃度に基づいて補正するようにしている。このように再生操作の実行間隔を補正することによっても、上記の各実施例と同様に NOX 吸収剤の吸収能力の変化に応じた再生操作を行うことができる。

【0070】図 9 は本実施例の NOX 吸収剤の再生実行間隔の制御を説明する図である。図 9 (A) (B) は、NOX 吸収剤の NOX 吸収時間と NOX 吸収剤下流側の排気中の NOX 成分濃度を示す図 1 と同様な図である。本実施例では、制御回路 30 は NOX 吸収剤が NOX 吸収を開始してから一定時間  $TR$  経過時の下流側排気 NOX 濃度  $NAR$  を検出し、この NOX 濃度  $NAR$  に基づいて NOX 吸収剤の NOX 吸収時間（再生操作実行間隔）を補正する。すなわち、この NOX 濃度  $NAR$  が所定値  $NAC$  より大きい場合には、NOX 吸収剤の吸収能力が低下していると判断して NOX 吸収剤の NOX 吸収時間（再生操作実行間隔）を所定時間だけ短縮する。また、この NOX 濃度  $NAR$  が所定値  $NAC$  より小さい場合には、NOX 吸収剤の NOX 吸収能力に充分に余裕があると判断して NOX 吸収剤の NOX 吸収時間（再生操作実行間隔）を所定時間だけ増大する。

【0071】例えば、図 9 (A) は図 1 (B) と同様に NOX 吸収剤の NOX 吸収能力が低下した場合を示す。この場合吸収開始後時間  $TR$  経過時の NOX 吸収剤下流側排気中の NOX 濃度（下流側 NOX センサ 20 出力） $NAR$  は所定値  $NAC$  より大きくなるため、制御回路 30 は前回までの再生操作実行間隔  $TINT$  を所定値  $\Delta T$  だけ短縮する。これにより、図 9 (A) に実線で示すように、NOX



吸収剤下流側の排気中のNOX成分濃度が大幅に増大する前に再生操作が行われ、排気性状の悪化が防止される。

【0072】一方、図9(B)は上記と逆に運転条件の変化等により機関のNOX排出量が減少した場合等のように、NOX吸収剤のNOX吸収能力に余裕が生じた場合を示す。この場合、NOX吸収剤の吸収能力に余裕があるため、吸収開始後時間TR経過時のNOX吸収剤下流側排気中のNOX濃度NARは所定値NACに達していない。しかし、この場合も前回と同じ再生操作実行間隔でNOX吸収剤の再生を行ったのではNOX吸収剤のNOX吸収量が少ない状態で再生を行うことになり、NOX吸収剤の吸収能力を最大限に活用することができない。そこで、この場合制御回路30は、前回までの再生操作実行間隔TINTを所定値(例えば、 $1/2 \cdot \Delta T$ )だけ増大してNOX吸収剤のNOX吸収量が十分に増加してからNOX吸収剤の再生を行うようにする。これにより、NOX吸収剤のNOX吸収能力を最大限に活用した効率的な排気浄化が可能となる。

【0073】なお、本実施例では、NOX濃度NARの判定値NACは例えば、NOX吸収剤に流入する上流側排気中のNOX濃度(IN)の50パーセント程度に、また、NOX濃度の判定を行う時期TRは、標準的な再生操作実行間隔(例えば3分)の $1/2$ 程度の時間に設定される。図10は上記の再生操作実行間隔の補正動作を、図3に示した排気浄化装置の構成にてきょうした場合の例を示すフローチャートである。本ルーチンは制御回路30により一定間隔毎に実行される。

【0074】図10において、ルーチンがスタートするとステップ1001では、時間tが所定時間TRか否かが判断される。経過時間tは後述の図11のルーチンで演算されるNOX吸収剤18a、18bの切換えが行われてからの経過時間である。ステップ1001で $t \neq TR$ であれば、本ルーチンは以降の動作を行わずステップ1019で終了する。また、 $t = TR$ であれば、ステップ1003で機関運転条件を表すパラメータとしての機関回転数Nとアクセル開度ACCとがそれぞれセンサ21、55(図3)から読み込まれ、ステップ1005ではこれらのパラメータから図8(B)に基づいて機関の排気NOX濃度が計算され、この濃度に一定の係数(例えば0.5)を乗じた値がNACとして制御回路30のRAMに記憶される。

【0075】次いで、ステップ1007では下流側NOXセンサ20からNOX吸収剤18a、18b下流側排気中のNOX濃度NARが読み込まれ、ステップ1009では上記NARとNACとが比較される。ステップ1009で $NAR \geq NAC$ であった場合には、前述のようにNOX吸収剤のNOX吸収能力が低下しているため、ステップ1011で再生操作実行間隔TINTが任意の一定値 $\Delta T$ だけ短縮されるとともに、ステップ1013では再生操作

時の還元剤供給装置41からの還元剤供給量CHが一定量 $\Delta CH$ だけ増大される。また、ステップ1009で $NAR < NAC$ であった場合には、NOX吸収能力に十分な余裕があるため、ステップ1015で再生操作実行間隔TINTが $1/2 \cdot \Delta T$ だけ増大されるとともに、ステップ1017では還元剤供給装置41からの再生操作時の還元剤供給量CHが所定量 $1/2 \cdot \Delta CH$ だけ減少される。

【0076】ここで、NARの値に応じて還元剤供給量CHについても補正しているのは、劣化によりNOX吸収剤の飽和量が低下した場合には、よりリッチな排気空燃比で再生を行うことによりNOX吸収剤の飽和量がある程度回復すること、また排気切換え弁2の異物噛み込み等により再生時の排気流量が増大したためにNOX吸収剤の再生が不十分になっているような場合には供給する還元剤の量を増加して再生時に適切な空燃比が得られるようにする必要があるからである。

【0077】なお、上記実行間隔TINTと還元剤供給量CHとは機関始動時には適宜な所定値(初期値)に設定されるが、制御回路30に機関停止時にも記憶保持可能なバックアップRAMを設けて、上記ルーチンにより算出した実行間隔TINTと還元剤供給量CHとを記憶させ、初期値として用いても良い。また、図10のフローチャートには示していないが、上記補正後の再生実行間隔TINTと還元剤供給量CHとは、それぞれ最大値と最小値とを設定してこれらの値が過大または過少になるのを防止するようにしても良い。

【0078】次に、図11は上記により設定された再生操作実行間隔TINTと還元剤供給量CHとに基づくNOX吸収剤の再生操作を示すフローチャートである。本ルーチンも図10のルーチンと同様に制御回路30により一定間隔毎に実行される。図11においてルーチンがスタートすると、ステップ1101ではNOX吸収剤18a、18bの切換えが行われてからの経過時間を表すパラメータtに $\Delta t$ が加算される。ここで、 $\Delta t$ は本ルーチンの実行間隔に相当する値である。後述のように、パラメータtはNOX吸収剤18a、18bの切換え操作直後にクリアされるため、tの値はNOX吸収剤18a、18bの切換え操作後の経過時間を表している。

【0079】ステップ1103では、上記により $\Delta t$ 加算されたtの値が図10のルーチンで補正された再生操作実行間隔TINT以上か否かが判断され、TINT以上であった場合にはステップ1105で排気切換え弁22が切り換えられるとともに、今までNOX吸収を行っていたNOX吸収剤に還元剤供給装置41から図10のルーチンで補正された後の量CHの還元剤が供給され、NOX吸収剤の再生が行われる。また、この排気切換え弁の切換え後ステップ1107ではパラメータtがクリアされルーチンが終了する。ステップ1103で時間tがTINTに達していない場合には上記再生操作は行わずステップ1109に進み、本ルーチンは直ちに終了する。

【0080】上述のように、本実施例によれば、NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力の変化に応じて適切な再生操作がおこなわれるため、NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力低下による排気性状の悪化を防止するとともにNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力を有効に活用することが可能となる。なお、図10、図11の実施例では、図3の構成について説明したが、図10、図11は図2のように排気通路に1つのNO<sub>x</sub> 吸収剤を配置して機関空燃比をリッチまたは理論空燃比に切り換える場合についても同様に適用することができる。この場合、例えば図10ステップ1013、ステップ1017で還元剤供給量CHを増減する代わりに、再生操作時の機関への燃料供給量を増減するようにすればよい。

【0081】また、上記実施例ではNO<sub>x</sub> 濃度NARの判定値NACは、機関運転条件から算出した機関排気NO<sub>x</sub> 濃度に基づいて算出しているが、NO<sub>x</sub> 吸収剤上流側の排気通路にもNO<sub>x</sub> センサ25（図2、図3）を配置し、直接NO<sub>x</sub> 吸収剤上流側の排気NO<sub>x</sub> 濃度を検出して判定値NACを決定しても良い。更に、上記上記実施例ではNO<sub>x</sub> 濃度NARとして、NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収開始後所定時間経過時点の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を用いているが、一回の検出結果を用いるのではなく、一定の期間の検出値の平均を求めてNARとして使用しても良い。

【0082】また、判定値NACは、上流側排気のNO<sub>x</sub> 濃度の一定割合とするのではなく、固定値を用いることもできる。

【0083】

【発明の効果】本発明の排気浄化装置は、NO<sub>x</sub> 吸収剤の下流側の排気通路に配置したNO<sub>x</sub> センサによりNO<sub>x</sub> 吸収剤を通過する排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を検出し、このNO<sub>x</sub> 濃度に基づいてNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力を直接判定して、NO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力の変化に応じて適切な再生操作を行うようにしたことにより、NO<sub>x</sub> 吸収剤の飽和量の変化や機関運転状況の変動にかかわらず、排気

性状の悪化を防止してNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力を有効に活用した効率的な排気浄化を行うことが可能となる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のNO<sub>x</sub> 吸収剤の吸収能力低下の判定原理を説明する図である。

【図2】本発明の排気浄化装置を適用する内燃機関の一実施例の概略図である。

【図3】本発明の排気浄化装置を適用する内燃機関の、図2とは別の実施例の概略図である。

【図4】本発明のNO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸放出作用を説明する図である。

【図5】本発明のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生時期設定動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】本発明のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生時期設定動作の一例を示すフローチャートである。

【図7】本発明のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生時期設定動作の一例を示すフローチャートである。

【図8】機関排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を表す数値テーブルの形式を示す図である。

【図9】NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作実行間隔の補正動作を説明する図である。

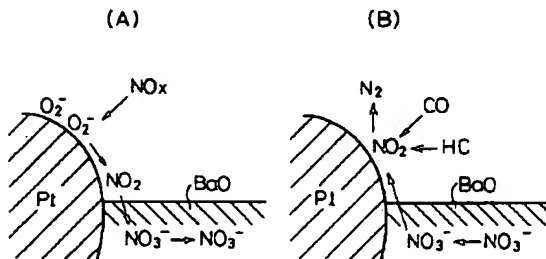
【図10】NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作実行間隔の補正動作の一例を示すフローチャートである。

【図11】NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作の一例を示すフローチャートである。

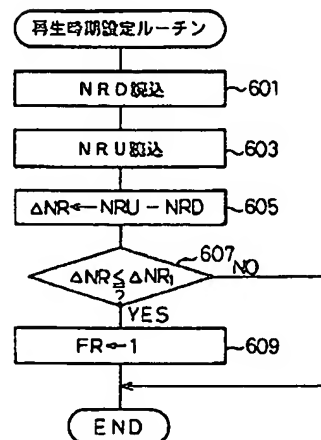
【符号の説明】

- 1…内燃機関
- 17…排気通路
- 18、18a、18b…NO<sub>x</sub> 吸収剤
- 22…排気切り換え弁
- 20、25…NO<sub>x</sub> センサ
- 30…制御回路
- 41…還元剤供給装置

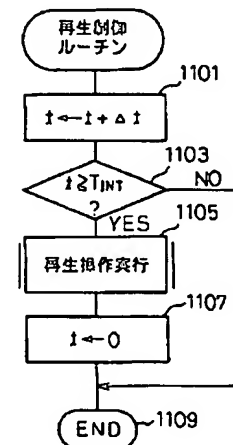
【図4】



【図6】

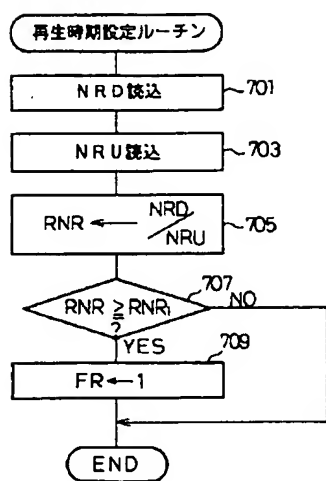


【図11】

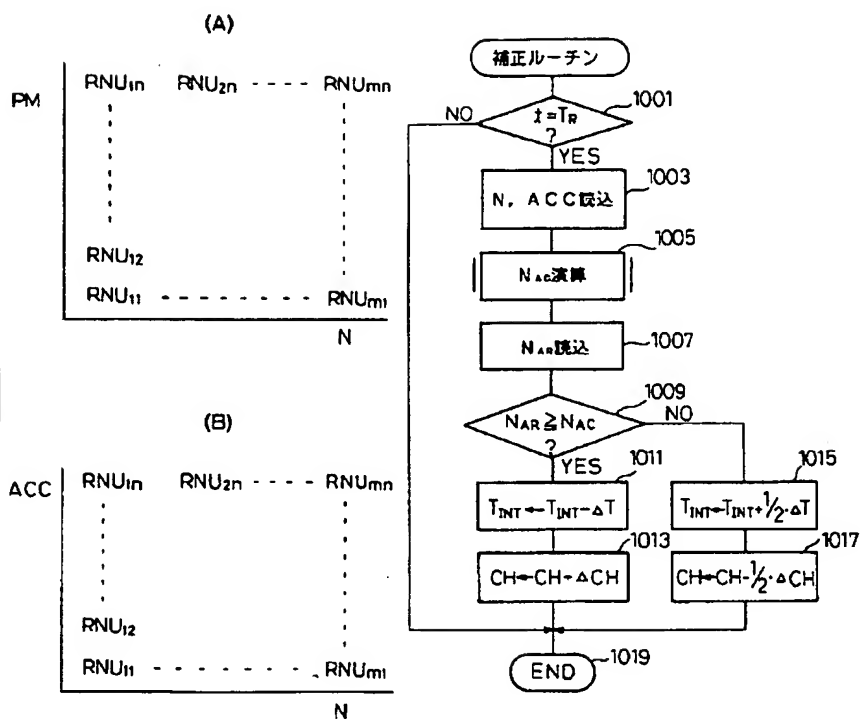




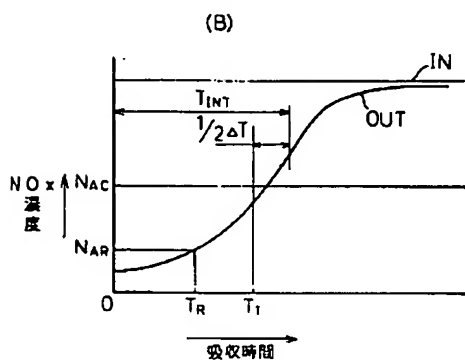
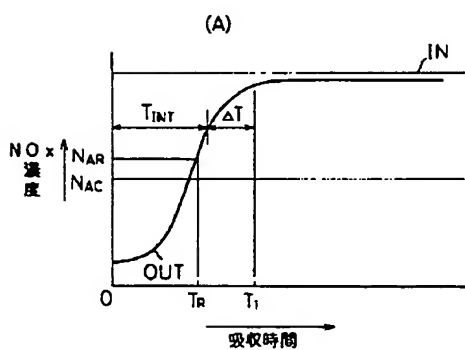
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 N 3/28	3 0 1	C		
F 0 2 D 41/04	3 0 5	Z		
41/14	3 1 0	J		
(72) 発明者 井口 哲	(72) 発明者 広田 信也			
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内			
(72) 発明者 荒木 康	(72) 発明者 小端 喜代志			
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内			

THIS PAGE BLANK (USPTO)